



मनोविकास प्रकाशन



पृथ्वीभोवती हवेचे जे आवरण आहे त्याला आपण वातावरण असे म्हणतो. आपल्या सूर्यमालेतील सात ग्रह व एक उपग्रह यांच्याभोवती वातावरण असले, तरी आपल्या जीवनाला आवश्यक असे प्राणवायू असणारे वातावरण केवळ पृथ्वीभोवतीच आहे. प्राचीन काळातील हवा म्हणजे 'काहीतरी आहे' या विचारापासून सुरुवात केली असता आधुनिक शास्त्रज्ञांनी हवेतील नेमक्या घटकांचा शोध कसा लावला, त्यांचे गुणधर्म कसे शोधून काढले आणि आपल्या वातावरणातील निरनिराळ्या थरांचा व त्यांच्या वैशिष्ट्यांचा कसा अभ्यास केला याची ही उद्बोधक आणि मनोरंजक कहाणी आहे. असिमॉव्ह यांनी अतिशय साध्या, सोप्या भाषेत हा विषय सर्वांपर्यंत पोचविला आहे.

शो धां च्या क था

वातावरण

आयझॅक आसिमॉव्ह



अनुवाद-सुजाता गोडबोले



शोध्याच्या कथा

वातावरण

आयझॅक आसिमॉव्ह
अनुवाद : सुजाता गोडबोले



Shodhanchya Katha - Watavaran
शोधान्च्या कथा - वातावरण

प्रकाशक । अरविंद घनःश्याम पाटकर
मनोविकास प्रकाशन, सदनिका क्र. ३/अ, चौथा मजला, शक्ती टॉवर्स,
६७२, नारायण पेठ, नू. म. वि. समोरील गल्ली, पुणे - ४११०३०.
दूरध्वनी : ०२०-६५२६२९५०

Website : www.manovikasprakashan.com

Email : manovikaspublishing@gmail.com

© हक्क सुरक्षित

मुखपृष्ठ । गिरीश सहस्रबुद्धे अक्षरजुळणी । गणराज उद्योग, पुणे.
मुद्रक । बालाजी एन्टरप्रायजेस, पुणे. प्रथमावृत्ती । ११ जून २०१२
ISBN : 978-93-81636-75-6

मूल्य । रुपये ३५

अनुक्रमणिका

- १ | अणू व भार-५
- २ | वायू-१४
- ३ | रेणू आणि उंची-२४
- ४ | उपयुक्त वायू व विद्युत्भारित कण-३३
- ५ | इतर विश्वे-४७



चक्रीवादळ

१ | अणू व भार

आपल्या सभोवतालची व पृथ्वीच्या आजूबाजूची हवा म्हणजेच 'वातावरण'. याला इंग्रजीत 'एटमॉस्फिअर' असे म्हणतात. 'हवेचा चेंडू' या अर्थाच्या ग्रीक शब्दावरून हा शब्द आला आहे.

एरवी आपण हवेकडे फारसे लक्ष देत नाही. ती आपल्याला दिसत नाही व जाणवतही नाही. एखादी डबी उघडली आणि त्यात फक्त हवाच असली तर आपण म्हणतो, 'ती रिकामी आहे, त्यात काहीच नाही.'

अर्थात, हवा आहे हे आपल्याला माहीत आहे. हवा जाणवत नाही असे आपण म्हणतो, त्याचा अर्थ असतो, की ती जेव्हा स्थिर असते, तेव्हा ती आपल्याला भासत नाही. तथापि, सूर्यामुळे हवा तापते आणि काही ठिकाणी ती इतर ठिकाणांपेक्षा अधिक तापते. गरम हवा वर जाते आणि थंड हवा तिची जागा घेते. या हलणान्या हवेलाच आपण 'वारा' म्हणतो. आपल्या चेहऱ्यावर व शरीरावर आपल्याला वारा जाणवतो. थंडीच्या दिवसात हा बोचरा वारा आपल्याला आवडत नाही, कारण हिवाळ्यात आपल्या शरीराची उष्णता हा वारा वाहून नेतो म्हणून आपल्याला अधिकच थंडी वाजते. उन्हाळ्यात मात्र वारा सुखावह वाटतो, कारण त्याने आपल्याला थंडावा मिळतो.

हाच वारा फार जोरात आला तरीदेखील तो आपल्याला आवडत नाही, कारण त्याने बरीच हानी होऊ शकते. वादळे व चक्रीवादळे ही अशाच अतिशय जोराने वाहणाऱ्या वाऱ्याची उदाहरणे आहेत. यांच्यामुळे मोठाले वृक्षही उन्मळून पडतात आणि घरांचेही नुकसान होते. या वादळाचा ज्यांना अनुभव असेल, त्यांना हवा

म्हणजे 'काहीच नाही' असे कधीच वाटणार नाही.

हवा जरी दिसू शकत नसली, तरीही हवा म्हणजे काहीतरी आहे याबद्दल प्राचीन लोकांनादेखील माहिती होती व त्याची कारणेदेखील आजच्याप्रमाणेच होती. अ‍ॅन्क्सिमिनीस (इ. स. पूर्वी ५७०-५००) या ग्रीक तत्त्ववेत्त्याचे मत होते, की जगातील इतर सर्व द्रव्ये हवा या मूलभूत घटकापासूनच बनली असावीत.

सर्वांचे मत असेच होते असे नाही. एम्पीडॉक्लिस (इ. स. पूर्वी ४९२-४३२) या त्याच्यानंतरच्या तत्त्वज्ञाचे असे मत होते, की हवा तर महत्त्वाची आहेच; पण हवेप्रमाणेच जमीन, पाणी व अग्नी या चार मूलभूत घटकांपासून पृथ्वी बनली आहे. चार मूलभूत तत्त्वांची ही कल्पना सुमारे २००० वर्षांपर्यंत मान्य केली जात असे.

इतर घटकांपेक्षा हवा निराळ्या प्रकारची आहे. पाणी, खडक, वाळू, झाडे, प्राणी व वनस्पती हे सर्व आपल्याला दिसू शकते. अग्निदेखील दिसू शकतो, पण हवा मात्र दिसत नाही. मग ती खरंच आहे का? अर्थात वारा आहेच, पण कदाचित तो काही निराळाच पदार्थ असेल का? जेव्हा वारा नसतो, तेव्हा कदाचित काहीच नसेल.

स्थिर असणारी हवा म्हणजेदेखील काहीतरी आहे, असे हिरो नावाच्या ग्रीक इंजिनिअरने सुमारे इ. स. ५० च्या सुमारास सर्वप्रथम दाखवून दिले. त्याच्या जन्माचा व मृत्यूचा नेमका काळ कोणालाच माहीत नाही.

एखादे भांडे जर त्याचे तोंड खाली करून पाण्यात उलटे घातले, तर त्यात पाणी भरत नाही, असे हिरोने दाखवून दिले. यात हवा भरलेली असल्याने पाण्याला आत शिरण्यास जागाच नाही. त्याच डब्याच्या तळाला जर भोक पाडले, तर हवा त्यातून बुडबुड्यांच्या रूपांत बाहेर पडते व पाणी आत जाऊ शकते.

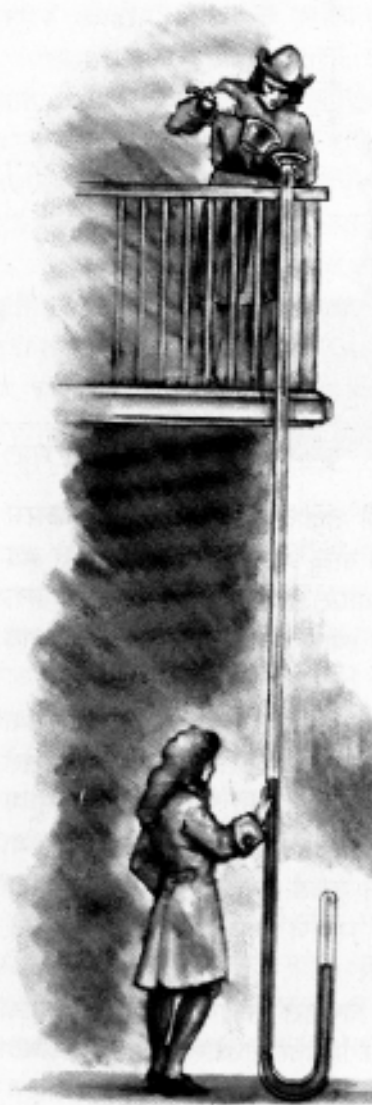


हिरोचा हवेसंबंधीचा प्रयोग

हिरोच्या आणखी असेही लक्षात आले, की हवेला फारसे वजन नसावे. एखाद्या भांड्यात वाळू किंवा पाणी भरले, तर ते जड व उचलण्यास कठीण होते. याउलट जर एखाद्या फुग्यात हवा भरली, तर रिकाम्या फुग्याहून त्याचे वजन फारसे अधिक असावे असे वाटत नाही.

हिरोचे उत्तर डेमॉक्रिटस् (इ. स. पूर्वी ४७०-३८०) या त्याच्या पूर्वी होऊन गेलेल्या एका ग्रीक तत्त्वज्ञाच्या संशोधनावर आधारलेले होते. डेमॉक्रिटस्चे असे मत होते, की सर्व काही दिसू न शकण्याएवढ्या लहान लहान कणांचे मिळून बनलेले असते. या कणांचे त्याहून अधिक लहान तुकडे करता येणार नाहीत अशा विचाराने त्याने त्यांना 'अ‍ॅटम' म्हणजे 'अणू' असे नाव दिले होते. अ‍ॅटमचा अर्थ आहे 'न तुटणारे'.

बऱ्याच तत्त्वज्ञांचा यावर विश्वास बसला नाही, परंतु काहीना हे पटले. अणूंच्या अस्तित्वावर हिरोचा विश्वास होता. घन अथवा द्रव स्वरूपातील पदार्थांचे अणू एकमेकांना चिकटलेले असावेत,



रॉबर्ट बॉयलचा प्रयोग

असे त्याचे मत होते. या द्रव्यांत असे असंख्य अणू असणार आणि त्या सर्व सूक्ष्म अणूंचे वजन एकत्रित झाल्यानेच वाळू अगर पाणी यांचे वजन बरेच भरत असणार. हवेत मात्र हे अणू खूप मोठ्या भागात विरळपणे पसरलेले असणार. म्हणून तेवढ्याच भागातील हवेत असणाऱ्या अणूंचे प्रमाण बरेच कमी असल्यानेच हवेचे वजन वाळू अथवा पाण्याइतके नसणार.

शिवाय, वाळू व पाणी यांतील अणू एकमेकांना चिकटलेले असल्याने त्यांना आणखी दाबून जवळ आणता येत नाही. तेवढीच वाळू अथवा पाणी कमी जागेत ठासून भरता येत नाही. दुसऱ्या शब्दांत सांगायचे तर, वाळू अथवा पाणी किंवा इतर कोणतेही द्रव अथवा घन पदार्थ दाबून अधिक जवळ आणता येत नाहीत.

परंतु अधिक हवा कमी जागेत ठासून भरता येते असे, हिरोने दाखवून दिले. हवेचे विखुरलेले अणू एकमेकांजवळ ढकलल्यास थोड्या जागेत अधिक हवा मावते.

डेमॉक्रिटसप्रमाणेच हिरोकडेही सर्वांनी दुर्लक्षच केले. शतकांमागून शतके गेली तसे, खरोखरच अणू असतील का, अशी काही लोकांना शंका येऊ लागली. १६६२ साली रॉबर्ट बॉयल या इंग्रज शास्त्रज्ञाने याचा अधिक विचार करायला सुरुवात केली.

इंग्रजी 'जे' या अक्षराच्या आकाराची एक १७ फुटी काचेची नळी त्याने तयार केली व तिचे लांब बाजूचे टोक उघडेच ठेवून आखूड टोक मात्र बंद केले. नळीचा वळणदार भाग भरेल इतका पारा त्यांत घातला, त्यामुळे अर्थातच काही हवा आखूड टोकाजवळील भागात अडकून राहिली. त्याने जसा अधिक पारा या नळीत ओतला, तशी आखूड टोकाकडील हवा कमी भागात दाबली गेली. म्हणजे हिरोचे म्हणजे खरेच होते.

फक्त चारच प्रकारची मूलभूत द्रव्ये असतात, हे ग्रीक विद्वानांचे मतही बॉयलला मान्य नव्हते. एखादे द्रव्य हे मूलतत्त्व आहे की

नाही हे पाहण्यासाठी, त्याचे अधिक साध्या स्वरूपात रूपांतर करता येते का हे पाहणे हा त्याच्या मते खरा मार्ग होता. ज्या द्रव्याचे असे रूपांतर होणार नाही, तेच खरे मूलतत्त्व मानता येईल.

बॉईलच्या मतानुसारदेखील हवा हे एक मूलभूत तत्त्वच आहे, असाच बहुतेकांचा विश्वास होता.

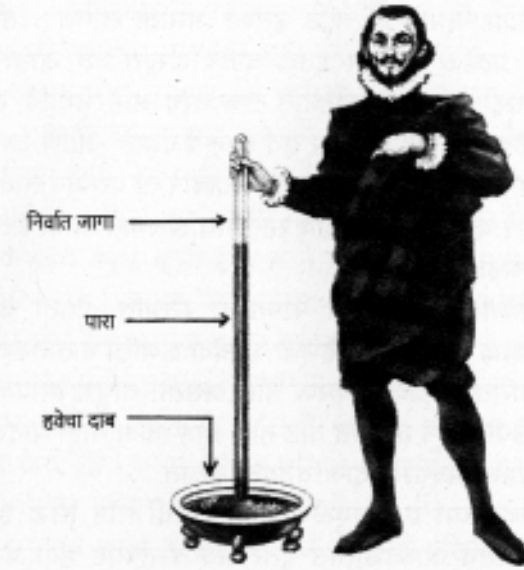
१८०३ सालापासून शास्त्रीय जगतात अणूंच्या अस्तित्वाला मान्यता मिळू लागली व अखेर कोणालाच याबाबत शंका राहिली नाही. अणू हे एखाद्या रेणूच्या रूपांत एकमेकांना चिकटून राहतात असे आपल्याला माहीत आहे. रेणूला इंग्रजीत 'मॉलिक्क्यूल' म्हणतात. 'चिमुकली वस्तू' या अर्थाच्या लॅटिन शब्दावरून हा शब्द बनला आहे.

अर्थात, हवा जर रेणूंची बनली असेल, तर तिला काहीतरी वजन असायला हवे. हवेचे रेणू खूप मोठ्या परिसरात विखुरलेले असल्याने विशिष्ट प्रमाणातील हवेचे वजन थोडेच असणार, पण तरीही काहीतरी वजन असणारच. १६४३ साली इव्हॅंजेलिस्टा टॉरिचेली (१६०८-१६४७) या इटालियन शास्त्रज्ञाला हा विचार सुचला.

पंपाने पाणी चढवण्याच्या प्रश्नाचा तो विचार करत होता. मूळच्या पातळीपासून पाणी ४०० इंचांपर्यंतच चढवता येते. कितीही अधिक पंप चालवला तरीही ते त्याहून अधिक उंचीवर चढत नाही.

कदाचित हवेच्या दाबामुळे पाणी पंपाने वर चढवले जात असावे, असा टॉरिचेलीने विचार केला. बहुधा पाण्यावरील हवेचा एकूण दाब हा पाण्याचा स्तंभ केवळ ४०० इंच उंचीपर्यंत पेलू शकेल इतकाच असावा, म्हणून पाणी अधिक उंचीवर चढत नसेल.

हे मोजण्याचा एक मार्ग म्हणजे पाण्याचा वापर करणे. पारा हा वजनाने जड असणारा एक द्रवपदार्थ आहे. पाण्यापेक्षा तो १३.४ पट अधिक दाट आहे. म्हणजेच, एक इंच रुंदीच्या व ३०



टॉरिचेलीचा पहिला वायुभारमाफक (१६४३)

इंच उंचीच्या पाण्याच्या स्तंभाचे वजन पाण्याच्या तेवढ्याच रुंदीच्या परंतु ४०० इंच उंचीच्या स्तंभाइतकेच भरेल.

टॉरिचेलीने ४ फूट लांबीची काचेची नळी घेऊन तिची एक बाजू बंद केली. त्यात पारा भरला व तिला बूच लावले. पारा भरलेल्या एका मोठ्या भांड्यात ती उलटी करून त्याने नळीचे बूच काढले. नळीतील सर्वच पारा भांड्यात पडला नाही. ३० इंच उंचीचा पाण्याचा स्तंभ हवेच्या वजनाने पेलला जाऊन नळीत तसाच राहिला.

एखाद्या पृष्ठभागावरील हवेच्या वजनाला 'हवेचा दाब' (एअर प्रेशर) असे म्हणतात. ३० इंच उंचीचा पाण्याचा स्तंभ किंवा ४०० इंच उंचीचा पाण्याचा स्तंभ पेलला जाण्यासाठी हवेचा दाब प्रती

चौरस इंचावर सुमारे १५ पोंड इतका असावा लागेल. आपल्या शरीराच्या प्रत्येक भागावर इतके वजन असूनही ते आपल्याला जाणवत नाही हे काहीसे कोड्यात टाकणारेच आहे. तथापि, हवेचा दाब शरीराच्या प्रत्येक भागावर सर्व बाजूंनी पडतो; आणि आपल्या शरीरातील द्रव पदार्थ व वायू तेवढ्याच दाबाने तो परतवून लावतात. अशा तऱ्हेने दोन्ही बाजूंचा दाब सारखाच झाल्याने आपल्याला तो जाणवत नाही.

टॉरिचेलीने वापरलेल्या पाण्याच्या स्तंभाला आता आपण वायुभारमापक (बॅरोमीटर) म्हणतो. प्रत्येक क्षणाला वातावरणातील हवेच्या भारात थोडाफार फरक होत असतो. वायुभारमापकाच्या स्तंभाची उंची पाहून व त्यात वाढ होत आहे किंवा नाही यावर लक्ष ठेवून हवामानासंबंधी अंदाज वर्तवता येतात.

टॉरिचेलीच्या प्रयोगामुळे एक महत्त्वाची गोष्ट सिद्ध झाली. चंद्रापर्यंत तसेच आकाशातील इतर सर्व वस्तूंपर्यंत हवा पसरली आहे, असा प्राचीन लोकांचा विश्वास होता.

तथापि, आपल्या वातावरणात जर एवढ्या प्रचंड प्रमाणावर हवा असती तर तिचे वजन कितीतरी अधिक झाले असते. हवेची घनता जर सर्वत्र सारखीच असेल, तर प्रती चौरस इंचाला १५ पोंड वजन भरण्यासाठी ती केवळ ५ मैलांच्या परिसरातच पसरलेली असावी लागेल.

याउलट, तुम्ही हवेत जर उंचावर गेलात, तर हवेचा दाब कमी होईल, कारण बरीचशी हवा तुमच्या खालीच असेल. तुमच्या वरील प्रदेशात जेवढी हवा असेल तिचाच तुमच्यावर दाब पडेल आणि तुम्ही जसजसे अधिक उंचीवर जाल तसतसा तो कमी कमी होत जाईल.

ब्लेझ पास्काल (१६२३-१६६२) या फ्रेंच शास्त्रज्ञाने आपल्या मेहुण्याला दोन वायुभारमापके घेऊन फ्रान्समधील एका पर्वतावर

पाठवले. अंदाजाप्रमाणेच, तो जसजसा अधिक उंचीवर गेला तसतशी वायुभारमापकातील पाण्याची उंची कमी होत गेली.

वातावरणात उंचावर गेले असता हवेची घनता तीच कायम राहत नाही. वातावरणाच्या तळाशी असताना अनेक मैल वरपर्यंत असलेल्या हवेचे सर्व वजन पेलावे लागते. त्या वजनाने सर्वात खालचा थर अधिक घन बनतो; परंतु अधिक उंचीवर गेले असता वरच्या हवेचे वजन कमी होत जाते व हवेची घनता कमी होते.

म्हणजेच उंचावर गेले असता तेथील हवा अधिक विरळ असते. हवेचे रेणू एकमेकांपासून दूर जातात व त्याच वजनाची हवा अधिक मोठ्या परिसरात विखुरली जाते. याच कारणाने, हवा पाच मैलांहून अधिक उंचीपर्यंत पसरली असावी असे लक्षात आले. त्याचा अर्थ, तिचे वजन अधिक असावे असा नसून, तेवढीच हवा अधिक मोठा परिसर व्यापते, हा आहे.

अर्थातच अखेर ती इतकी विरळ होते, की परिसर जवळजवळ पूर्णपणे हवाविरहित होतो, क्वचित एखादाच रेणू कुठेतरी राहिलेला असतो. अशा प्रकारच्या 'रिकामे' असण्याला इंग्रजीत 'व्हॅक्युम' म्हणतात. हा शब्द 'रिकामे' या अर्थाच्या ग्रीक शब्दावरून आला आहे. मराठीत आपण त्याला 'निर्वात पोकळी' असे म्हणतो. ही पोकळी चंद्रापर्यंत आणि त्याच्याही पलीकडच्या असंख्य तान्यांपर्यंत पसरलेली आहे. पृथ्वीच्या सभोवताली असणाऱ्या हवेच्या या विरळ थरामुळेच आपल्यासारखे सजीव जिवंत राहू शकतात.

२ वायू

एखाद्या उघड्या भांड्यात पाणी ठेवले, तर ते हळूहळू सुकून जाते. म्हणजे त्याचे काय होते? ते अदृश्य होऊन नाहीसेच होते का?

वास्तविक पाण्याचे लहान लहान रेणू संध गतीने हवेत जातात, एकमेकांपासून बरेच दूर जातात, त्यातून वाफ बनते. ही वाफ हवेत उंचावर जाते व तिथल्या थंडीने तिचे परत पाण्याच्या थेंबात रूपांतर होते. जर असे बरेच थेंब एकत्र आले तर त्यालाच आपण ढग म्हणतो. अखेर हे पाणी पावसाच्या रूपाने परत जमिनीवर येते. पाणी सुकताना जी वाफ तयार होते तिचे गुणधर्म हवेप्रमाणेच असतात.

दारू किंवा टॉपेटाइनसारखे इतर द्रव पदार्थदेखील वाफ होऊन उडून जातात. द्रव पदार्थ तापवले, तर ही क्रिया खूपच जलद होते. हीच वाफ परत थंड झाली की तिचे परत द्रव पदार्थात रूपांतर होते.

अर्थात, या द्रव पदार्थापेक्षा हवा भिन्न आहे, कारण हिवाळ्यातील अत्यंत थंड दिवसात अंटाकिर्तकावरदेखील तिचे द्रवात रूपांतर होत नाही.

इ. स. १६२० च्या सुमारास जॉन बॅप्टिस्ट वॅन हेल्मॉट (१५८०-१६४४) या बेल्जियन रसायनशास्त्रज्ञाने वाफेवर संशोधन करण्यास सुरुवात केली. घन तसेच द्रव पदार्थांना एक विशिष्ट आकारमान असते, तसे ते वाफेला नसते. एखाद्या मोठ्या भांड्यात थोडेसे पाणी अथवा वाळू घातली तर ते भांड्याचा काही भागच व्यापतील; परंतु भांडे कितीही मोठे असले तरी ते वाफेने मात्र पूर्णपणे भरून जाते.

हेल्मॉटच्या मते, निश्चित स्वरूप असणाऱ्या द्रव किंवा घन



पाण्याचे चक्र

पदार्थाच्या तुलनेत वाफ (किंवा हवा) हा काहीसा गोंधळात टाकणारा पदार्थ होता.

पदार्थाच्या एका प्राचीन मिश्रणापासून या जगाचा विकास झाला, अशी पूर्वीच्या ग्रीक लोकांची कल्पना होती. ते या प्राचीन द्रव्याला 'केऑस' म्हणत असत. वॅन हेल्मॉटच्या मते, वाफ व हवा हे बरेचसे मूळच्या 'केऑस'सारखे होते म्हणून त्यानेही त्याला हेच नाव दिले. तथापि, हा शब्द त्याच्या भाषेच्या सवयीप्रमाणे उच्चारताना तो 'गॅस' या शब्दासारखा भासत असे.

कालांतराने सर्वानी हाच शब्द वापरायला सुरुवात केली. आता हवा व वाफ ही 'गॅस' म्हणजे वायूची उदाहरणे आहेत, असेच आपण मानतो.

लाकूड जाळून मिळणारा वायू वॅन हेल्मॉटने वेगळा करण्यात यश मिळवले. त्याला त्याने नाव दिले 'गॅस सिल्व्हेस्टर' म्हणजे 'लाकडापासून मिळणारा वायू'. ही काही खऱ्या अर्थाने वाफ नव्हती, कारण थंड केल्यावर त्यापासून द्रव पदार्थ मिळत नव्हता. तसेच ती हवाही नव्हती, कारण तिचे गुणधर्मही नेमके हवेप्रमाणे नव्हते.

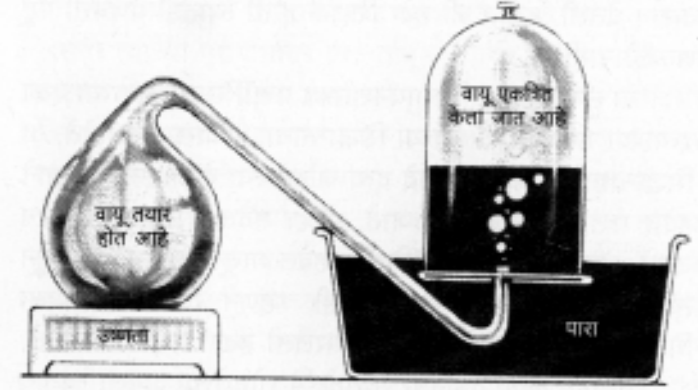
वॅन हेल्मॉटच्या संशोधनामुळे त्याला काही फार मोठी प्रसिद्धी मिळाली नाही. परंतु १७५६ साली जोसेफ ब्लॅक नावाच्या स्कॉटिश रसायनशास्त्रज्ञाच्या असे लक्षात आले, की खनिज चुनखडी तापवली असता त्यातून चुना हा एक निराळाच पदार्थ मिळतो. या प्रक्रियेतून एक वायूदेखील निर्माण होतो. त्याचा ब्लॅकने काळजीपूर्वक अभ्यास केला. हा वायू म्हणजे वॅन हेल्मॉटला मिळालेला वायूच होता, हे अखेरीस समजून आले. आजकाल आपण त्या वायूला 'कॅरबोडिप्राणील वायू' (कार्बन डायॉक्साइड) असे म्हणतो.

कॅरबोडिप्राणील वायू जर चुन्याच्या सात्रिध्यात ठेवला, तर त्याचे संघ गतीने परत चुनखडीत रूपांतर होते. विचित्र बाब म्हणजे, चुना कॅरबोडिप्राणील वायूत न ठेवता केवळ हवेतच ठेवला, तरीही त्याचे चुनखडीत रूपांतर होते, मात्र आणखीच संघ गतीने.

यावरून ब्लॅकने असा निष्कर्ष काढला, की हवेमध्ये अल्प प्रमाणात कॅरबोडिप्राणील वायूदेखील असला पाहिजे.

हवा हे अगोदर वाटले होते त्याप्रमाणे साधेसे मूलतत्त्व नसावे, अशी शंका व्यक्त करणारा हा पहिलाच निर्देशक होता. हे वायूचे मिश्रण असणार कारण यात कॅरबोडिप्राणील वायूदेखील आहे. अर्थात, या कॅरबोडिप्राणील वायूचे प्रमाण अत्यल्प म्हणजे ०.०३५ टक्के (सुमारे १/३,०००) आहे. निराळ्या शब्दात सांगायचे तर, हवेच्या ३००० भागांमध्ये एक भाग कॅरबोडिप्राणील वायू आहे. सामान्य हवेपेक्षा लोकांनी सोडलेल्या उच्छ्वासात कॅरबोडिप्राणील वायूचे प्रमाण अधिक असते, असा ब्लॅकने शोध लावला. निदान ताज्या हवेपेक्षा उच्छ्वासाने चुन्याचे चुनखडीत रूपांतर जलद गतीने होत असे. एखादी मेणबत्ती पेटवली असता, त्यातूनही कॅरबोडिप्राणील वायू निर्माण होतो.

हवेपेक्षा कॅरबोडिप्राणील वायू वेगळा आहे असे दर्शवणारा एक महत्त्वाचा गुणधर्म म्हणजे, मेणबत्ती ताज्या हवेत जळते. मात्र, ती



प्रिस्टलेचा प्रयोग

कॅरबोडिप्राणील वायूत जळू शकत नाही. एका बंद हंडीत मेणबत्ती जाळण्याचा ब्लॅकने प्रयत्न केला. सर्व मेण संपण्यापूर्वीच ती विझत असे. ब्लॅकला याचे आश्चर्य वाटले नाही, कारण जर मेणबत्तीच्या ज्वलनाने कॅरबोडिप्राणील वायू निर्माण होत असेल, तर बंद हंडीत लवकरच इतका कॅरबोडिप्राणील वायू जमेल, की त्यामुळे वात विझूनच जाईल.

बंद हंडीत चुना घालून ब्लॅकने त्यातील कॅरबोडिप्राणील वायू काढून टाकला. मग त्या हंडीत कॅरबोडिप्राणील वायू नसलेली बरीच हवा राहिली. तरीही कॅरबोडिप्राणील वायू नसलेल्या त्या हंडीतील हवेत मेणबत्ती जळू शकली नाही.

ब्लॅकला हे एक कोडेच वाटले; व ही समस्या त्याने डॅनिएल रदरफोर्ड (१७४९-१८१९) या त्याच्या स्कॉटिश रसायनशास्त्रज्ञ विद्यार्थ्याकडे सोपवली. १७७२ साली रदरफोर्डने ब्लॅकचा प्रयोग परत एकदा काळजीपूर्वक व बारकाईने करून पाहिला. हंडीतील सर्व कॅरबोडिप्राणील वायू काढून घेतला आहे याची त्याने खात्री

करून घेतली. हंडीत जी हवा शिथिल होती त्यातही मेणबती पेटू शकली नाही.

या सुमारास काही रसायनशास्त्रज्ञ फ्लॉजिस्टन नावाच्या एका द्रव्याच्या संदर्भात ज्वलनाच्या सिद्धान्ताचा अभ्यास करत होते. या सिद्धान्तानुसार जेव्हा एखादे द्रव्य जळते त्या वेळी त्या ज्वलनाने हवेत फ्लॉजिस्टन सोडले जाते. जेव्हा हवेत पुरेसे फ्लॉजिस्टन जमते, तेव्हा आणखी फ्लॉजिस्टन हवेत मावू शकत नाही म्हणून त्यानंतर ज्वलन होऊ शकत नाही, म्हणून रदरफोर्डने त्याला मिळालेल्या वायूला 'फ्लॉजिस्टन भरलेली हवा' असेच नाव दिले.

तथापि, काही वर्षांनंतर रदरफोर्डने शोधलेल्या वायूला नत्रवायू (नायट्रोजन) असे नाव देण्यात आले. नायटर नावाच्या एका खनिजापासून हा वायू निर्माण करता येतो, असे लक्षात आल्यावरून 'नायटर निर्माण करणारा' या अर्थाच्या ग्रीक शब्दांवरून हे नाव बनवण्यात आले.

१७७४ साली जोसेफ प्रिस्टले (१७३३-१८०४) या इंग्रज रसायनशास्त्रज्ञाने आणखी एक वायू शोधून काढला. जेव्हा प्रिस्टलेने हा नवा वायू शोधून काढला तेव्हा त्याचा अभ्यास करण्यासाठी तो वायू त्याने एका काचेच्या नळीतून पारा भरलेल्या भांड्यावर आणखी एक पारा भरलेली हंडी उपडी करून ठेवली होती, त्यात बुडबुड्यांच्या स्वरूपात एकत्रित केला. या हंडीचे तोंड पान्यातच बुडवलेले होते. नव्या वायूमुळे उलट्या हंडीतील पारा खालच्या भांड्यात ढकलला गेला. त्यानंतर त्या हंडीला काचेचे झाकण लावून ती पान्याच्या भांड्यातून बाहेर काढून सरळ केली.

अशा प्रकारे या वायूचा हवेशी अजिबात संपर्क आला नाही व याच्या गुणधर्मांचा सहजपणे अभ्यास करता आला. काही वायू पाण्यात विरघळतात; परंतु या वायूचा पाण्याशीदेखील संपर्क आला नाही.

या प्रयोगामुळे प्रिस्टलेचे लक्ष पान्याकडे वेधले. पारा तापवला असता त्याच्या पृष्ठभागावर एक तांबूस रंगाची भुकटी जमते असे त्याच्या निदर्शनास आले. त्याने ही भुकटी एकत्र करून तापवली, तिचे चकाकणान्या रेंवात म्हणजेच परत पान्यात रूपांतर झाल्याचे त्याला दिसून आले. या प्रक्रियेतून एक वायू निर्माण झाला.

प्रिस्टलेने एका भांड्यात हा वायू गोळा केला व त्याच्या गुणधर्मांचा अभ्यास केला. हवेपेक्षा या वायूत ज्वलन अधिक सुलभतेने होते, असे त्याच्या लक्षात आले. त्याने लाकडाची एक ढलपी घेतली, त्याचे एक टोक पेटवले व नंतर त्यावर फुंकर मारली. मग ते टोक नुसतेच लाल होऊन धुमसत राहिले, पण त्यात ज्वाला नव्हती. ही ढलपी त्याने या वायूत धरली असता त्यातून ताबडतोब ज्वाला निघू लागल्या.

हवेत काही प्रमाणात फ्लॉजिस्टन असणार, म्हणूनच लाकूड हवेत जळते, असे प्रिस्टलेला वाटले. परंतु हा नवा वायू म्हणजे ते थोडेसे फ्लॉजिस्टनदेखील काढून टाकलेली हवा असणार, म्हणून लाकूड यात सहजपणे व जलदगतीने जळत असणार. या वायूला त्याने 'फ्लॉजिस्टन काढलेली हवा' असे नाव दिले.

तथापि, लवकरच प्रिस्टलेने शोधलेल्या वायूला 'आम्ल तयार करणारा' या अर्थाच्या ग्रीक शब्दांवरून 'ऑक्सिजन' (प्राणवायू) असे नाव मिळाले. सर्वच आम्लांच्या रेणूत प्राणवायूचे अणू असतात, असा त्या काळी रसायनशास्त्रज्ञांचा समज होता. अर्थात, कालांतराने हा समज चुकीचा होता असे सिद्ध झाले; परंतु तोपर्यंत हे नाव बदलण्यास बराच उशीर झाला होता.

नत्रवायू व प्राणवायूचा शोध लागण्यापूर्वी, १७६६ साली हेन्री कॅव्हेंडिश (१७३१-१८१०) या इंग्रज रसायनशास्त्रज्ञाने असा शोध लावला होता, की काही खनिजांमध्ये आम्ल मिसळले असता ती खनिजे विलय पावतात व त्यातून एक वायू निर्माण होतो.

कॅव्हेंडिशने हा वायू एकत्रित करून त्याचा अभ्यास केला.

हा वायू अतिशय हलका असतो असे त्याच्या लक्षात आले. निरनिराळ्या वायूंच्या घनतेची तुलना करणारा कॅव्हेंडिश हा पहिलाच शास्त्रज्ञ होता. एका विशिष्ट आकारमानाच्या वेगवेगळ्या वायूंचे वजन किती भरते हे त्याने शोधून काढले. उदाहरणार्थ, एका विशिष्ट आकाराच्या भांड्यातील हवेचे वजन १४ औंस आहे असे गृहीत धरले. त्याच भांड्यात जर त्याने शोधलेला नवा वायू भरला तर त्याचे वजन केवळ १ औंसच झाले. हवेच्या तुलनेत त्याच्या नव्या वायूची घनता केवळ १/१४ इतकीच होती. कॅव्हेंडिशने अभ्यासलेल्या सर्व वायूपैकी हा वजनाने सर्वात हलका वायू होता. आजतागायतदेखील हाच वायू वजनाने सर्वात हलका आहे.

शिवाय हा वायू सहजपणे जळतो. इतकेच नव्हे, तर तो तापवला असता त्याचा स्फोट होतो. कॅव्हेंडिशने त्याला 'ज्वालाग्राही हवा' (फायर एअर) असे नाव दिले; आणि हाच फ्लॉजिस्टन असावा की काय, अशी त्याला शंका आली. कॅव्हेंडिशने शोधलेला वायू जळाल्यावर त्यातून द्रवाचे काही थेंब तयार झाले आणि ते पाणीच असल्याचे दिसून आले. 'पाणी तयार करणारे' या अर्थाच्या ग्रीक शब्दांवरून या वायूला 'हायड्रोजन' असे नाव मिळाले.

आन्त्वान लोरोँ लाव्हॉझिये (१७४३-१७९४) नावाचा फ्रेंच रसायनशास्त्रज्ञ १७७४ साली बराच काळ ज्वलनाचा अभ्यास करत होता. बंद डब्यात वस्तू जाळली असता ती जळते किंवा खनिजांना गंज येतो; परंतु आतील सामग्रीसहित त्या डब्याच्या वजनात मात्र फरक पडत नाही, असे त्याला आढळून आले. गंजलेला धातू किंवा जळालेल्या काही वस्तूंची राख यांचे वजन मूळच्या वजनापेक्षा मात्र अधिक भरते, असाही त्याने शोध लावला.

जर धातूच्या वजनात भर पडली असेल, पण डब्याचे वजन मात्र पूर्वीइतकेच कायम असेल, तर डब्यातील एखाद्या घटकाचे

वजन कमी झाल्याने वजनात भर होऊनदेखील समतोल साधला गेला असणार. डब्यात असलेली दुसरी वस्तू म्हणजे हवा, म्हणजेच हवेचे वजन कमी झाले असणार. याचा अर्थ, काही हवा नाहीशी झाली असणार.

हे असेच होते हे लाव्हॉझियेने सिद्ध केले. त्याने जेव्हा डबा उघडला, तेव्हा कमी झालेल्या हवेची जागा भरून काढण्यासाठी बाहेरची हवा झपाट्याने आत शिरली. एवढेच नव्हे, तर पाणी भरलेल्या भांड्यात उपड्या केलेल्या हंडीत एखादा धातू गंज येण्यासाठी ठेवला असता, धातूला गंज चढेल तसतसे आतील हवेची जागा घेण्यासाठी पाणी हंडीत वर चढलेले दिसत असे. अखेर, आतील हवेच्या सुमारे १/५ हवेची जागा पाणी घेते, असे दिसून आले.

फ्लॉजिस्टनचा सिद्धान्त पूर्णपणे चुकीचा असावा, असे लाव्हॉझियेचे मत झाले. फ्लॉजिस्टन मिसळल्यामुळे किंवा कमी झाल्याने हवा बदलत नाही. वास्तविक फ्लॉजिस्टन अस्तित्वातच नव्हते. हवा हे मूलतत्त्व नाही. हवा हे दोन निरनिराळ्या वायूंचे मिश्रण आहे. त्यापैकी प्रत्येक वायू मूलतत्त्व आहे. हवेत ४/५ नत्रवायू व १/५ प्राणवायू असतो.

एखादी वस्तू जळते किंवा गंजते तेव्हा तिचा हवेतील प्राणवायूशी संयोग होऊन तिचे वजन वाढते, असे लाव्हॉझियेचे मत होते. प्राणवायू नाहीसा होऊन केवळ नत्रवायू शिल्लक राहत असावा. नत्रवायूत काहीच जळू शकत नाही. लोखंडाला गंज चढतो तेव्हा त्याचा प्राणवायूशी संयोग होतो. गंजाला आपण आयर्न ऑक्साइड म्हणू शकतो. पारा (मर्क्युरी) तापवला असता त्याचा प्राणवायूशी संयोग होऊन विटकरी रंगाचे मर्क्युरी ऑक्साइड तयार होते आणि ते परत तापवले असता त्यातून पारा व प्राणवायू परत मिळतो. मर्क्युरी ऑक्साइडपासून शुद्ध प्राणवायू मिळवला

असता, त्यात वस्तू हवेपेक्षा जलद गतीने जळतात, कारण हवेत केवळ $\frac{1}{4}$ प्राणवायू असतो.

अशा प्रकारे रदरफोर्ड व प्रिस्टलेचे प्रयोग फ्लॉजिस्टनच्या गरजेचा विचारही न करता स्पष्ट करता आले.

लाकूड व मेणबत्तीच्या रेणूंमध्ये कर्ब म्हणजे कार्बनचे अणू असतात. (जवळजवळ पूर्णपणे कर्बाच्या अणूंपासून बनलेल्या वस्तूचे



लाव्हाशिये आपल्या प्रयोगशाळेत

कोळसा हे एक उदाहरण आहे.) कर्बाच्या अणूंचा प्राणवायूशी संयोग झाल्यावर कर्बद्विप्राणीत वायू (कार्बन डायॉक्साइड) तयार होतो. हे ऑक्साइड वायुरूप असल्याने हवेत विरून जाते. म्हणूनच लाकूड जळून गेल्यावर राहिलेली राख मूळ लाकडापेक्षा हलकी असते आणि मेणबत्तीचे मेण जवळजवळ नाहीसेच होते.

ज्वलनासंबंधीचे हे ज्ञान आणि त्यानंतर २५ वर्षांनी उदयास आलेला अणूचा सिद्धान्त यांच्या पायावरच आधुनिक रसायनशास्त्र उभे आहे.

३ | रेणू आणि उंची

लाव्हॉझियेच्या प्रयोगांमुळेच, हवा खरी कशी आहे, हे लोकांना समजून आले. हवेत ७८ टक्के नत्रवायू व २१ टक्के प्राणवायू असतो हे आता आपल्याला माहीत आहे. (लाव्हॉझियेने सुरुवातीला म्हटल्याप्रमाणे जवळजवळ चार-पंचमांश आणि एक-पंचमांश असेच हे प्रमाण आहे.) अर्थात, ७८ अधिक २१ म्हणजे ९९ होतात. हवेचा एक टक्का कशापासून बनला आहे?

हवेत बहुधा पाण्याची वाफ असते, पण ती नगण्यच असते. हवेचा अभ्यास करण्याआधी त्यातून वाफ व धूळ काढून टाकली जाते तेव्हा शुद्ध हवेत ७८ टक्के नत्रवायू व २१ टक्के प्राणवायू असतो. हवेत थोडासा कर्बद्विप्राणील वायू असतो, पण तो १ टक्क्याहून बराच कमी असतो.

नत्रवायू व प्राणवायू या दोहोंशिवायही काहीतरी हवेत असते, हा शोधही, हायड्रोजन ज्याने शोधून काढला त्या कॅव्हेंडिशनेच लावला.

१७८५ साली त्याने विजेच्या ठिणग्या हवेत सोडल्या. विजेच्या ठिणग्यात एवढी ऊर्जा होती, की त्यामुळे नत्रवायूच्या अणूंचा प्राणवायूच्या अणूंशी संयोग होऊन नायट्रोजन ऑक्साइड तयार झाले. (सामान्य उष्णतेत हे संयुग बनण्याएवढी ऊर्जा नसते, नाहीतर एखाद्या जंगलाला लागलेल्या आगीने सध्याच्या स्वरूपातील संपूर्ण वातावरणच उद्ध्वस्त झाले असते.)

नायट्रोजन ऑक्साइडचे रेणू पाण्यात विरघळून काढून टाकता येतात व अशा तऱ्हेने सर्व प्राणवायू अखेर संपुष्टात येतो. अर्थात, तरीही नत्रवायू शिल्लक होताच. कॅव्हेंडिशने मग आणखी प्राणवायू

त्यात घातला, त्याचा नत्रवायूशी संयोग झाल्यावर आणखी प्राणवायू घातला.

अखेर त्यात कोणताच वायू शिल्लक राहणार नाही, नत्रवायूही नाही आणि प्राणवायूही नाही. मग हवा केवळ नत्रवायू व प्राणवायू यांचीच बनलेली असते हे सिद्ध करता येईल व कर्बद्विप्राणील वायूप्रमाणे इतर घटक अत्यल्प प्रमाणात असतात असेही दर्शवता येईल, असा कॅव्हेंडिशचा विचार होता.

तथापि, कॅव्हेंडिशने कितीही प्रयत्न केला तरी सूक्ष्म प्रमाणातील वायू सुमारे १ टक्का इतका, बाकी राहीच आणि विजेच्या ठिणगीनेदेखील त्याचा प्राणवायूशी संयोग होत नसे. सूक्ष्म प्रमाणातील हा वायू नत्रवायू नव्हता किंवा तो प्राणवायूही नव्हता, तर तो हवेचाच एक घटक होता. कॅव्हेंडिशने हे जाहीर केले, पण कोणीच त्याकडे फारसे लक्ष दिले नाही आणि हवेतील १ टक्का घटक शतकभर विस्मरणातच गेला.

अर्थात, इतर दिशांनी प्रगती चालूच होती. १८११ साली आमादेओ ॲव्होगाद्रो (१७७६-१८५६) या इटालियन शास्त्रज्ञाने वायूंबद्दल उपलब्ध असलेल्या सर्व माहितीचा अभ्यास करून एक सूचना केली. वायूंना नीटपणे समजून घेण्यासाठी विशिष्ट आकारमानाच्या वायूत समान कण असावे लागतील. हे कण म्हणजे अणू असतील किंवा रेणूही असू शकतील. वायूंच्या घनतेचा अभ्यास करून त्या कणांचे वजन निश्चित करता येईल.

उदाहरणार्थ, इतर अणूंच्या तुलनेत प्राणवायूच्या अणूंच्या वजनाची लोकांना कल्पना होती. प्राणवायू जर एकेरी अणूंचा बनला असेल, तर त्याची एक ठरावीक घनता असायला हवी. प्रत्यक्षात प्राणवायूची घनता त्याच्या दुप्पट असते. म्हणजे प्राणवायूचा प्रत्येक कण हा दोन अणूंचा बनलेला प्राणवायूचा एक रेणू असणार असा याचा अर्थ होतो. म्हणूनच रसायनशास्त्रज्ञ

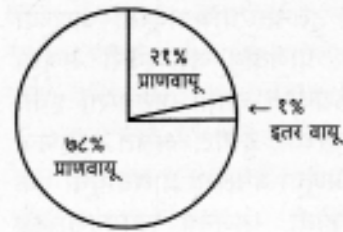
प्राणवायूचा रेणू (O_2) अशा प्रकारे लिहितात. त्याच पद्धतीने नत्रवायू व हायड्रोजनचे रेणूदेखील दोन अणूंचे मिळून बनलेले असतात असे सिद्ध झाल्याने तेही N_2 व H_2 असेच लिहिले जातात.

अर्थात, हे सर्व ॲव्होगाद्रोने सूचना केल्याबरोबर घडले असा याचा अर्थ होत नाही. शास्त्रज्ञदेखील माणूसच आहेत. एखादी नवीन गोष्ट मान्य करायला त्यांनाही वेळ लागतोच.

१८६० साली रसायनशास्त्रातील विचारसरणीतील काही गोंधळाच्या परिस्थितीतून मार्ग काढण्यासाठी युरोपमधील सर्व रसायनशास्त्रज्ञ एका आंतरराष्ट्रीय परिषदेत एकत्र जमले. स्टॅनिस्लाव्ह कानिझारो (१८२६-१९१०) हा इटालियन शास्त्रज्ञही त्यापैकीच एक होता. दोन वर्षांपूर्वीच त्यांनी ॲव्होगाद्रोची सूचना पाहिली होती. एखाद्या विशिष्ट रेणूत किती अणू आहेत यासंबंधीचा रसायनशास्त्रज्ञांचा काहीसा गोंधळ या पद्धतीने कमी होईल, अशी त्यांना शक्यता दिसू लागली. हा विचार त्यांनी परिषदेत मांडला व तेथील बहुतेक शास्त्रज्ञांना तो पटला.

याचाच अर्थ, १८६० सालच्या सुमारास रसायनशास्त्रज्ञांना हवेचे सर्व रासायनिक घटक माहीत झाले होते, किंवा निदान ९९ टक्के घटक तरी जाणून घेण्यात यश आले होते.

अर्थात, शास्त्रज्ञ त्यांच्या सहज आवाक्यात येईल अशा जमिनीजवळच्या हवेचाच अभ्यास करत होते. बऱ्याच उंचावरील



हवेचे घटक

हवादेखील जमिनीजवळची हवा असते तशीच असेल, निदान तिच्यातील वायूंची घटना तरी तशीच असेल, अशी कल्पना तर्कसंगतच वाटते. तथापि, याची खात्री देता येईल का?

पास्कालच्या मेहुण्याने केले होते त्याप्रमाणे एखाद्या पर्वतावर जाऊन तेथील हवेचा अभ्यास करणे हा एक मार्ग होता. अर्थात, पर्वत चढणे हे तसे कठीण व धोकादायक आहे. शिवाय युरोपमधील पर्वत फारसे उंचही नाहीत. दूरवर दक्षिण अमेरिकेत आणि आशियात असे उंच पर्वत आहेत, पण ते चढण्यास अतिशयच कठीण आहेत व त्यातही सर्वात उंच पर्वत फक्त साडेपाच मैलच उंच आहे.

जोसेफ मिशेल मॉॅंगोल्फिये (१७४०-१८१०) व ज्याक एतिएन मॉॅंगोल्फिये (१७४५-१७९९) या दोन फ्रेंच संशोधक बंधूंनी १७८३ साली फुग्याचा शोध लावला. पाण्यात सोडलेले लाकूड जसे वजनाने हलके असल्याने पाण्यावर तरंगते, त्याचप्रमाणे फुगा म्हणजे वायूने भरलेली एक पिशवी. यातील वायू वजनाने हवेपेक्षा हलका असल्याने हा फुगा हवेत वर चढतो.

३ जून १७८३ रोजी मॉॅंगोल्फियेने सोडलेल्या पहिल्या फुग्यात गरम हवा भरली होती. परंतु ज्याक अलेक्झांडर चार्ल्स (१७४६-१८२३) या फ्रेंच शास्त्रज्ञाने हायड्रोजन वापरावा असे सुचवले. त्यानुसार २७ ऑगस्ट १७८३ रोजी हायड्रोजन भरलेला फुगा हवेत सोडण्यात आला.

फुग्यातून वर जाणे युरोपमध्ये लगेच खूपच लोकप्रिय झाले. स्त्रियांनी अशा तऱ्हेने हवेत वर जाणे ही एक नवीच नवलाईची बाब बनली. इयान लाब्रोस ही फुगा स्वतःच वर घेऊन जाणारी पहिली पायलट होती. या अनुभवातील नावीन्य, धाडस व धरार यातच बहुतेकांना स्वारस्य होते; पण काहींनी मात्र शास्त्रीय संशोधनाचा विचार केला. पर्वत चढून वर जाण्यापेक्षा फुग्यातून वर जाणे केव्हाही अधिक सोपे व जलद होते.



मॉगोल्फियेचा गरम हवेचा फुगा
(३ जून १७८३)

१७८४ साली जॉन जेफ्रीज (१७४५-१८१०) हा अमेरिकन डॉक्टर लंडनला फुग्यातून वर गेला. त्याने भारमापक यंत्र व उंचावरील हवा बंदिस्त करून आणण्यासाठीची साधने आपल्याबरोबर नेली होती. फुग्यातून केलेले हे पहिलेच शास्त्रीय संशोधन होते.

जेफ्रीज काही फार उंचीवर गेला नाही; परंतु १८०४ साली जोसेफ लुई गे-ल्युसाक (१७७८-१८५०) नावाचा फ्रेंच रसायनशास्त्रज्ञ फुग्यातून सुमारे साडेचार मैल उंचीवर पोचला. युरोपमधील कोणत्याही पर्वतशिखराहून ही उंची निदान एक मैल तरी अधिक होती. गे-ल्युसाकने त्या उंचीवरील हवा आपल्याबरोबर आणली व त्याला असे आढळले, की पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील हवेत व या उंचावरील हवेच्या घटकात काहीच फरक नाही.

तथापि, या उंचीवरील हवा अधिक विरळ होती. फुग्याखालच्या उघड्या टोपलीत उभे असताना श्वास घेणे त्याला कठीण जात होते. जसजसे वर जावे तसतशी थंडीही वाढत गेली, कारण विरळ हवेत फारशी उष्णता राखली जात नव्हती. थंडीमुळेदेखील अस्वस्थता वाढत गेली.

१८७५ साली तीन लोकांनी फुग्यातून वर जाण्याचा विक्रम केला. ते ६ मैल उंचीवर पोहोचले. दुर्दैवाने यातील दोघे तेथेच मरण पावले. गास्तॉ तिसाँडिये (१८४३-१८९९) हे एकच गृहस्थ जिवंत परत आले. त्यानंतर मात्र फुग्याला जोडलेल्या उघड्या टोपलीतून बऱ्याच उंचीवर जाण्याचा कोणी प्रयत्न केला नाही.

१८९२ सालापासून मानवविरहित फुगे सोडण्यास सुरुवात झाली. त्यात तापमापक, भारमापक तसेच वातावरणातील वेगवेगळ्या उंचीवरील माहिती गोळा करणारी निरनिराळी साधने पाठवण्यात येऊ लागली. फुगे परत आल्यावर त्यातील साधने मिळवून त्यांचा अभ्यास केला जात असे.

लिऑ फिलिप तिसेरो द बोर (१८५५-१९१३) या फ्रेंच



ज्याक चार्ल्सचा हायड्रोजनचा फुगा
(२७ ऑगस्ट १७८३)

शास्त्रज्ञाने अशा मानवविरहित फुग्यांद्वारे बरेच संशोधन केले. फुगा जसजसा वर जातो तसतशी हवा शून्याखाली ५५ अंश सेल्सियस (-55 C) पर्यंत थंड होत जाते. म्हणजेच शून्याखाली ६७ अंश फॅरनहाइट (-67 F). सीबेरियातील हिवाळ्याइतके ते थंड आहे.

फुगे जेव्हा याहूनही अधिक उंचीवर गेले तेव्हा असे लक्षात आले, की यानंतर मात्र तापमान कमी झाले नाही, ते तेवढेच कायम राहिले.

वातावरणाचे दोन प्रमुख विभाग असावेत असे तिसेराँ द बोर्ने सुचवले. सर्व हवामान खालच्या थरात एकवटलेले आहे. यात ढग, वारा, पाऊस, बर्फ वगैरे सर्व काही आहे. त्यांनी याला ट्रोपोस्फियर असे नाव दिले. हा शब्द 'बदलाचा प्रदेश' या अर्थाच्या ग्रीक शब्दापासून बनला आहे. विषुववृत्तापासून सुमारे १० मैल उंचीपर्यंत हा प्रदेश पसरलेला असावा, असे त्याचे मत होते. जसजसे आपण विषुववृत्तापासून दूर जावे तशी या ट्रोपोस्फियरची उंची कमी होत जाते. ध्रुवांजवळ ट्रोपोस्फियरची उंची केवळ ५ मैल भरते.

ट्रोपोस्फियरच्या बाहेरील सीमेपाशी तापमान कमी होणे थांबते. त्याच्यावरील प्रदेशात वारा किंवा हवामान नसते, तेथील विरळ हवा शांत थरात असावी, असे तिसेराँ द बोर्चे मत होते. त्याला त्याने नाव दिले 'स्ट्रॅटोस्फियर'. हा शब्द 'थरांचा प्रदेश' या अर्थाच्या ग्रीक शब्दापासून आला आहे.



जान लाब्रोस या पहिल्या महिलेने १७९८ साली
आकाशात नेलेला फुगा पाहणारे पॅरीसमधील लोक

४ | उपयुक्त वायू व विद्युत् भारित कण

दरम्यानच्या काळात १ टक्का वातावरणाच्या स्वरूपाचा प्रश्न पुन्हा एकदा चर्चेत आला.

जॉन विल्यम स्ट्रुट लॉर्ड रॅली (१८४२-१९१९) हे इंग्रज शास्त्रज्ञ १८८२ सालापासून नत्रवायूचा अतिशय काळजीपूर्वक अभ्यास करीत होते. इतर अणूंच्या तुलनेत नत्रवायूच्या अणूंचे वजन किती भरते ते त्यांना शोधून काढायचे होते. त्यांनी दोन प्रमुख प्रकारांनी नत्रवायू जमवला : एक म्हणजे हवेतून प्राणवायू पाण्याची वाफ, कर्बद्विप्राणीत वायू, धूळ वगैरे सर्व काढून टाकले; व दुसरे म्हणजे निरनिराळ्या खनिजांपासून.

कोणत्याही खनिजापासून मिळवलेल्या नत्रवायूच्या सर्व अणूंचे वजन एकच होते, असा त्यांनी शोध लावला. तथापि, हवेतून मिळवलेल्या नत्रवायूच्या अणूंचे वजन मात्र खनिजांपासून मिळवलेल्या अणूपेक्षा भिन्न म्हणजे थोडेसे अधिक होते. आपले निष्कर्ष प्रसिद्ध केल्यावरदेखील, यात काय चूक झाली असावी ते रॅलीच्या लक्षात येईना, म्हणून इतर कोणा शास्त्रज्ञाला याच्या कारणासंबंधी काही कल्पना आहे का याचीही त्यांनी चौकशी केली.

सर विल्यम रॅमसे या स्कॉटिश रसायनशास्त्रज्ञाने या प्रश्नाची उकल करण्याचा प्रयत्न करण्यासाठी परवानगी मागितली. कशाशीही संयोग न होऊ शकणारा हवेचा एक बुडबुडा कॅव्हेंडिशने शोधून काढला होता याची त्याला आठवण झाली. तो एखादा आतापर्यंत माहीत नसलेला व नत्रवायूच्या अणूपेक्षा अधिक वजनदार अणू असणारा नवा वायू असेल का? खनिजांपासून मिळवलेल्या नत्रवायूत दुसरे काहीच असणार नाही; परंतु हवेतून मिळवलेल्या

नत्रवायूत काही धोडे वजनदार अणू असू शकतील, म्हणून हवेतील नत्रवायूच्या अणूंचे वजन असायला हवे त्यापेक्षा सरासरीने अधिक भरत असेल.

या वेळेपर्यंत रसायनशास्त्रज्ञांना 'स्पेक्ट्रोस्कोप' नावाचे एक नवे यंत्र मिळाले होते, त्याच्या साहाय्याने अणू व रेणू ओळखता येत असत. वायू तापवला तर त्यातून प्रकाश बाहेर येतो. प्रकाश सूक्ष्म लहरींचा बनलेला असतो. प्रत्येक प्रकारच्या अणू किंवा रेणूतून त्याच्या विशिष्ट लांबीच्या लहरींद्वारे प्रकाश बाहेर येतो. एखाद्या व्यक्तीच्या बोटांच्या ठशावरून ज्याप्रमाणे एखाद्या व्यक्तीची ओळख पटते, त्याचप्रमाणे या लहरींच्या लांबीवरून त्या अणू किंवा रेणूची ओळख पटू शकते.

रॅमसेने कॅव्हेंडिशचा प्रयोग परत एकदा करून पाहिला असता त्याला असे आढळले, की हवेच्या शेवटच्या छोट्याशा बुडबुड्यातून ज्या लहरी आल्या त्यांची लांबी नत्रवायूच्या अणूंच्या लहरीपेक्षा निराळी होती. प्रत्यक्षात त्या वेळेपर्यंत माहीत असणाऱ्या कोणत्याही मूलतत्त्वापेक्षा या लहरी वेगळ्या होत्या. हे एक नवेच मूलतत्त्व आहे याबाबत रॅमसेची १८९५ साली खात्री पटली. रॅली व रॅमसे या दोघांनी मिळून त्याला 'आरगॉन' असे नाव दिले. हा वायू दुसऱ्या कशाशीही संयोग पावत नसल्याने 'आळशी' अशा अर्थाच्या एका ग्रीक शब्दावरून हे नाव देण्यात आले. आरगॉनचे अणू आपल्या स्वतःच्या अणूंशीदेखील संयोग पावत नाहीत, म्हणून आरगॉन हा वायू एकेरी अणूंचाच बनलेला असतो. तरीही नत्रवायूच्या दोन अणूंनी बनलेल्या नत्रवायूच्या एका रेणूपेक्षाही आरगॉनच्या एका अणूचे वजन अधिक असते.

याचा अर्थ, शुद्ध कोरड्या हवेत ७८ टक्के नत्रवायू, २१ टक्के प्राणवायू व १ टक्का आरगॉन असतो. इतर जे काही असेल ते अत्यंत सूक्ष्म प्रमाणात असते.



सर विल्यम रॅमसे

रॅमसेच्या काळात रसायनशास्त्रज्ञांना निरनिराळ्या मूलतत्त्वांची बरीच माहिती झाली होती. आरगॉनप्रमाणेच कशाशीही संयोग न पावणाऱ्या अणूंची इतरही काही मूलतत्त्वे असणार, असे शास्त्रज्ञांना वाटू लागले. त्यांचा शोध घेण्यास रॅमसेने सुरुवात केली.

ज्या वर्षी आरगॉनचा शोध जाहीर करण्यात आला, त्याच वर्षी रॅमसेला समजले, की एक खनिज तापवले असता त्यातून एक वायू बाहेर पडतो, तो नत्रवायू असल्याचे बोलले जात होते. पण ते खरेच असेल का?

रॅमसेने त्या वायूचा एक नमुना मिळवून तो तापवला व त्याच्या प्रकाशलहरींचा अभ्यास केला. तो नत्रवायू तर नव्हताच, तसेच तो आरगॉनदेखील नव्हता.

पूर्वी, १८६८ साली पियेर ज्युल सेझार ज्यान्सेन (१८२४-१९०७) या फ्रेंच खगोलशास्त्रज्ञाने, सूर्यप्रकाशात या लांबीच्या लहरी असल्याचे म्हटले होते, त्याचे रॅमसेला आश्चर्य वाटले. या लहरी म्हणजे सूर्यात असणाऱ्या परंतु आपल्याला अद्याप माहीत नसणाऱ्या एखाद्या मूलतत्त्वाच्या लहरी असणार अशा समजुतीने, त्याला ग्रीकमधील 'सूर्य' या अर्थाच्या शब्दावरून 'हेलियम' असे नाव देण्यात आले होते; आणि आता रॅमसेला पृथ्वीवरच हेलियम मिळाला होता.

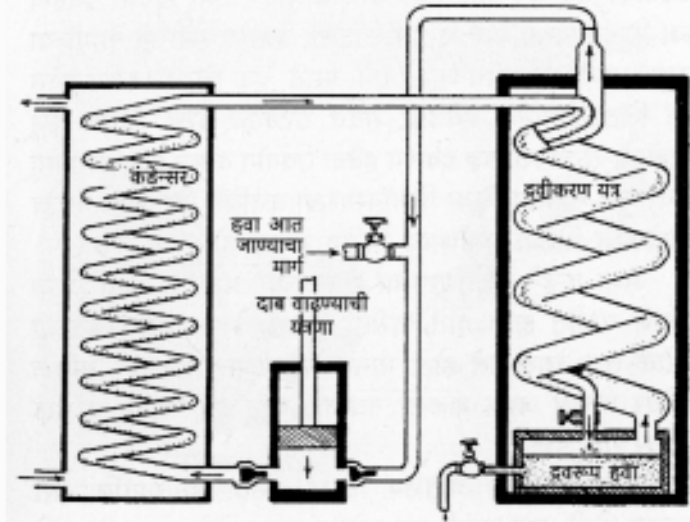
रॅमसेने मोठ्या प्रमाणात आरगॉन मिळवला व त्यात इतर काही वायूंचे लहान प्रमाणावरील मिश्रण मिळते का हे शोधण्यासाठी काळजीपूर्वक अभ्यास करायला सुरुवात केली. १८९८ साली त्याला ३ नवे वायू सापडले : 'निऑन' ('नवीन' या अर्थाच्या ग्रीक शब्दावरून हे नाव देण्यात आले), 'क्रिप्टॉन' ('लपलेला' या अर्थाच्या ग्रीक शब्दावरून) व 'झिन्नॉन' ('माहीत नसलेला' किंवा 'पाहुणा' या अर्थाच्या ग्रीक शब्दावरून) ही नावे देण्यात आली.

आरगॉन व हेलियमबरोबरच या तीनही वायूंना 'अचल वायू' किंवा 'नोबल वायू' (राजवायू) असे म्हणतात. वातावरणात हे सर्व वायू असतात; पण आरगॉनखेरीज इतर सर्व वायू अत्यंत सूक्ष्म प्रमाणात उपस्थित असतात. वातावरणात निऑन केवळ १/५०,००० इतकाच असतो. हेलियम, क्रिप्टॉन आणि झिन्नॉन तर याहीपेक्षा कमी प्रमाणात असतात. कर्बद्विप्राणील वायू, हायड्रोजन व मिथेनही सूक्ष्म प्रमाणात असतात. कार्बनचा एक अणू व हायड्रोजनचे ४ अणू यांपासून मिथेनचा एक रेणू बनतो. (CH_4).

हवेतून मोठ्या प्रमाणावर हे अचल वायू मिळवणे कठीणच असते. आपल्याला जर नेहमीच्या हवेतून ते मिळवायचे असतील तर ते अधिकच कठीण असेल. रॅमसे त्याचे संशोधनकार्य सुरू करत होता त्याच सुमारास हवेच्या संदर्भात काही नव्या घडामोडी घडत होत्या.

इ. स. १८०० च्या सुमारास कितीही थंड झाली तरी हवा वायुरूपच राहत असे. कालांतराने शास्त्रज्ञांना तापमान अधिकाधिक कमी करण्यात यश आले व त्यानंतर एकामागून एक वायू द्रवरूप बनवणे त्यांना शक्य झाले.

अखेर १८७७ साली लुई पॉल काव्यते (१८३२-१९१३) या फ्रेंच शास्त्रज्ञाने तापमान इतके कमी करण्यात यश मिळवले, की प्राणवायू व नत्रवायूदेखील द्रवरूप करण्यात आले. प्राणवायू - १८३ अंश सेल्सियसला द्रवरूप होतो, तर नत्रवायू - १९४ अंश सेल्सियसला. एकदा हे दोन वायू द्रवरूपात मिळवल्यानंतर हवादेखील द्रवरूप करणे शक्य झाले. सुरुवातीला हे अगदी लहान प्रमाणात करणेच शक्य होते.



हवेचे द्रवीकरण करण्याची यंत्रणा



मे १९३१ मध्ये उद्घाटनापूर्वी शिरस्त्राण घातलेले ऑगस्ट पिकार्ड व मदतनीस.

कार्ल लिंड (१८४२-१९३४) या जर्मन रसायनशास्त्रज्ञाने या विषयावर संशोधन करून मोठ्या प्रमाणावर कमी खर्चात द्रवरूप हवा मिळवण्याचा मार्ग शोधून काढला. द्रवरूप हवा ही नेहमीच्या वायुरूप हवेपेक्षा खूपच जास्त घन असते. एक लिटर द्रवरूप हवेत एक लिटर वायुरूप हवेपेक्षा सर्वच घटकांचे बरेच अधिक रेणू असतात. रसायनशास्त्रज्ञ द्रवरूप हवेचा उपयोग करून शुद्ध प्राणवायू किंवा शुद्ध नत्रवायू किंवा झिनॉनसारखा क्वचित मिळणारा अचल वायूदेखील मोठ्या प्रमाणावर मिळवू शकत होते.

अशा तऱ्हेने एकोणिसाव्या शतकाच्या अखेरीस हवेचे घटक पूर्णपणे माहीत झाले होते, तरीही शास्त्रज्ञांचे उंचावरील हवेकडे अधिक लक्ष वेधले गेले होते. मानव अद्याप सहा मैलांहून अधिक उंचीवर प्रत्यक्ष जाऊ शकला नव्हता; परंतु फुगे याहून अधिक उंचीवर गेले होते.

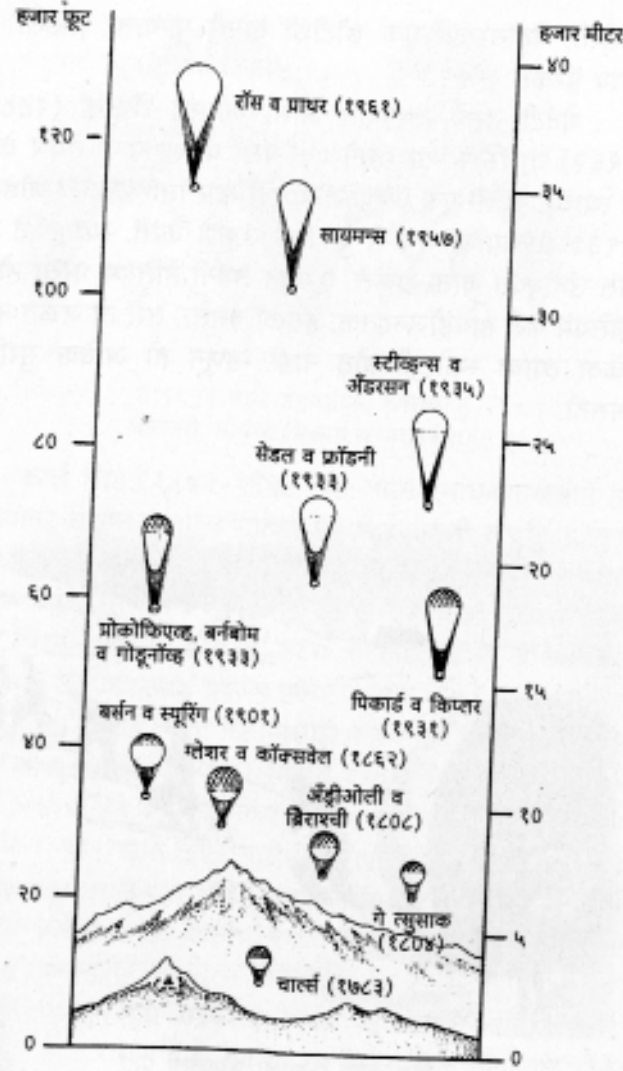
उंचावरील हवा अतिशय विरळ असते, ही यातील खरी अडचण होती. पण त्यांनी त्या हवेतच श्वास घेणे आवश्यक होते का? उघड्या टोपलीत उभे राहण्याऐवजी नेहमीची, हवा सीलबंद

केलेली, पेटीसारखी एक छोटीशी खोली फुग्याला जोडली तर काय हरकत आहे?

शेवटी तसेच करण्यात आले. ऑगस्ट पिकार्ड (१८८४-१९६२) या स्विस शास्त्रज्ञाने एक भला थोरला फुगा तयार केला व त्याच्या खाली एक अॅल्युमिनियमची खोलीसारखी पेटी जोडली. १९३१ सालापासून त्यांनी फुग्याची उद्घाणे केली. त्यातून ते ११ मैल उंचीपर्यंत जाऊ शकले. फुग्यात त्यांनी हेलियम भरला होता. हेलियम जरी हायड्रोजनइतका हलका नसला, तरी तो जळत नाही किंवा त्याचा स्फोटही होत नाही म्हणून तो अधिक सुरक्षित असतो.



पिकार्डच्या फुग्याला जोडलेली पेटी बव्हेरियाच्या आल्प्स पर्वतातून परत आणताना



दोन शतकातील 'वायूवीरांनी' गाठलेली उंची

कालांतराने रेशमी कापडाऐवजी फुगे बनवण्यासाठी प्लास्टिकचा वापर केला जाऊ लागला व त्यातून माणूस २० मैलांहूनही अधिक उंचीवर जाऊ शकला. मानवविरहित फुगे तर ३० मैलांहूनही अधिक उंची गाठू शकले.

स्ट्रॅटॉस्फियरमधून वर जाताना तापमान कायम राहात नाही असे नंतरच्या उड्डाणातून दिसून आले. ते वाढत जाते. ३० मैल उंची ही स्ट्रॅटॉस्फियरची सीमा आहे. त्याच्यावरच्या थरांत वरचे वातावरण आहे.

२० मैलांच्या उंचीवरील वातावरणाचे वजन हे वातावरणाच्या एकूण वजनापैकी फक्त २ टक्केच आहे, परंतु तेवढ्यानेदेखील काही विशेष परिणाम दिसून येतात.

उदाहरणार्थ, रात्रीच्या आकाशात उल्का किंवा निखळलेले तारे दिसू शकतात. हे अंतराळात उडणारे लहान-सहान कण असतात व त्यांची पृथ्वीच्या वातावरणाशी टक्कर होते. ते वरच्या वातावरणातून जात असताना त्यांच्या वेगामुळे त्यांचे रेणू दाबामुळे ज्वळत जातात. यामुळे त्यांच्या वेगाच्या शक्तीचे उष्णतेत रूपांतर होते व ते प्रकाशमान दिसून नंतर वितळून जातात. खूप उंचीवरील हवा जरी अतिशय विरळ असली, तरी उष्णतेने उल्का तापून प्रकाशमान होण्यासाठी ती पुरेशी असते आणि ६० ते ८० मैलांच्या उंचीवर असूनदेखील त्या दिसू शकतात.

तसेच सूर्यातून अणूपेक्षाही सूक्ष्म कण प्रचंड वेगाने फेकले जातात. यालाच आपण 'सूर्यवात' म्हणतो. या कणांमध्ये विद्युत् भार व अतिशय मोठ्या प्रमाणावर ऊर्जा असते. असे कण सूर्यापासून सर्व दिशांनी फेकले जातात व त्यापैकी काही पृथ्वीवरही आदळतात. त्या वेळी ते वरचे वातावरण भेदून येतात व त्यांच्या वाटेत येणाऱ्या सर्व अणू-रेणूंशी त्यांची टक्कर होते.

अशा टक्कर झालेल्या अणू-रेणूंमध्येही विद्युत् भार येतो, त्यांना

‘आयन्स’ असे म्हणतात. नेहमीच्या अखंड अणूपेक्षा त्यांच्यात बरीच अधिक ऊर्जा असते.

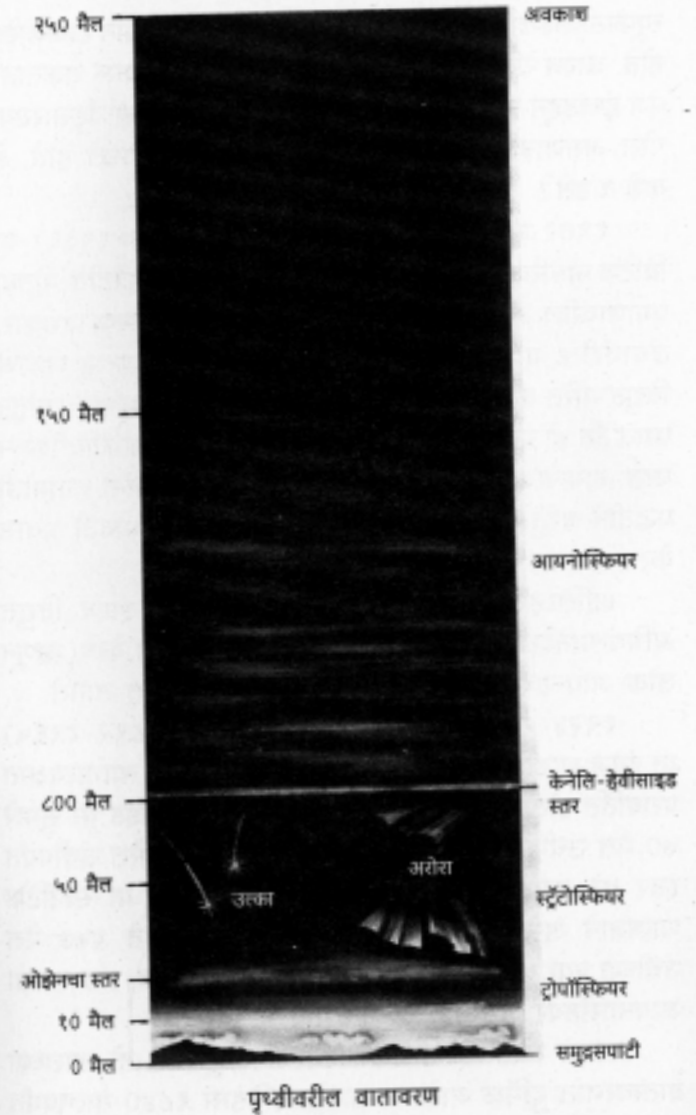
पृथ्वीवरील दिवस असणाऱ्या भागावरच सूर्यवात आदळतो, हे सहजच लक्षात येते. रात्र असणारी बाजू पृथ्वी मध्ये आल्याने सुरक्षित राहते. फुटलेल्या अणूंना आपले निसटून गेलेले भाग परत मिळवण्याची व त्यांच्यातील अधिकची ऊर्जा नष्ट करण्याची संधी मिळते. ही ऊर्जा नष्ट होताना प्रकाशाच्या स्वरूपात दिसून येते.

पृथ्वीच्या चुंबकीय आकर्षणामुळे सौरवात वळवला जातो म्हणून तो बहुतेक वेळा ध्रुवाजवळच आदळतो. चुराडा झालेल्या बहुतेक सर्व अणूंमधून निघालेला प्रकाश सहसा याच भागात दिसतो. याच प्रकाशाला ‘अरोरा’ किंवा ‘ध्रुवीय प्रदेशात दिसणारे प्रकाशाचे पट्टे’ असेही म्हणतात. पृथ्वीच्या ध्रुवावरून रात्रीच्या वेळी दिसणारे हे एक वैशिष्ट्य आहे.

सहज दिसू शकेल असा ‘अरोरा’ निर्माण करण्यासाठी आवश्यक एवढी हवा पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून १०० मैलांवरदेखील उपलब्ध आहे. काही वेळा हा प्रकाश ६०० मैलांवरदेखील दिसू शकतो.

अखेर १९५० साली अग्निबाण प्रचंड उंचीवर म्हणजे वातावरणाच्या बाहेरदेखील पाठवण्यात शास्त्रज्ञांना यश आले. पृथ्वीपासून १२०० मैलांच्या उंचीवरदेखील अग्निबाणांच्या उड्डाणांवर परिणाम करू शकतील असे वायूंचे अणू व रेणू तरंगत असतात, असे यावरून लक्षात आले. इतक्या मोठ्या उंचीवरील बहुतेक वायू हे हेलियम व हायड्रोजनच्या अणूंचे व रेणूंचे बनलेले असतात. पृथ्वीच्या वातावरणात किंवा इतरत्र आढळणाऱ्या सर्व वायूंत हे वायू वजनाने सर्वाधिक हलके आहेत.

१९०१ साली गुग्लिएल्मो मार्कोनी (१८७४-१९३७) या इटालियन विद्युत अभियंत्याने इंग्लंडहून अँटलांटिक महासागरापर



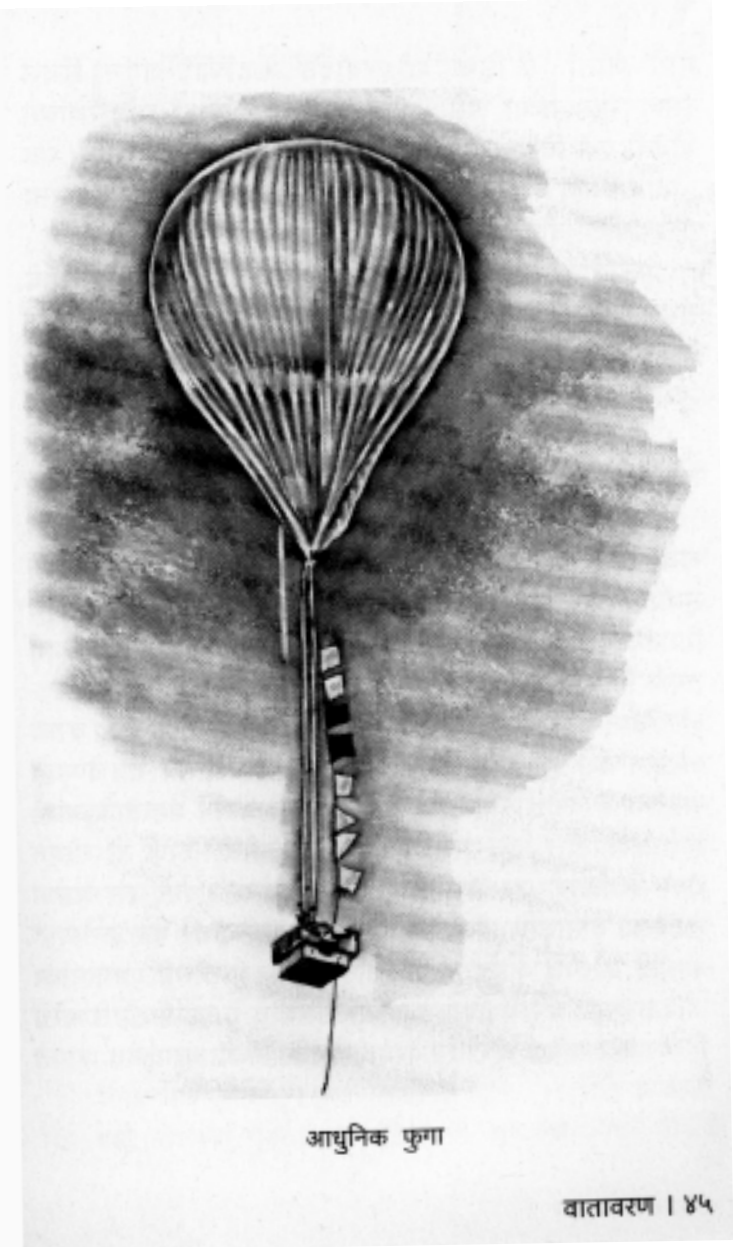
न्यूफाउंडलंडला रेडिओ लहरी पाठवल्या. हे तसे कोड्यात टाकणारेच होते, कारण रेडिओलहरी फक्त सरळ रेषेतच प्रवास करू शकतात; पण इंग्लंडहून न्यूफाउंडलंडला जाण्यासाठी या लहरींना चेंडूसारख्या गोल असणाऱ्या पृथ्वीच्या वक्र भागावरून जावे लागले होते. हे कसे घडले?

१९०२ साली आर्थर एडविन केनेली (१८६१-१९३९) या ब्रिटिश अमेरिकन अभियंत्याने असे मत मांडले, की हवेतील मोठ्या प्रमाणावरील आयन्समधून रेडिओ लहरी परावर्तित झाल्या असणार. उंचावरील वातावरणात मोठ्या प्रमाणावर आयन्स म्हणजे विद्युत्भारित कण असणारा एक थर असणार. रेडिओ लहरी त्यातून परावर्तित होऊन जमिनीवर परत आल्या असणार, मग जमिनीवरून परत आयन्सकडे, परत जमिनीकडे अशा प्रकारे त्यांनी नागमोडी पद्धतीने परंतु सरळ रेषेत पृथ्वीच्या वक्र पृष्ठभागाभोवती प्रवास केला असणार.

ऑलिव्हर हेवीसाइड (१८५०-१९२५) या इंग्रज विद्युत अभियंत्यानेदेखील याच सुमारास असेच मत प्रदर्शित केले. म्हणून लोक आयन्सच्या 'केनेली-हेवीसाइड' थराबद्दल बोलू लागले.

१९२४ साली एडवर्ड व्हिक्टर ॲपल्टन (१८९२-१९६५) या इंग्रज शास्त्रज्ञाने रेडिओ लहरी हवेत पाठवल्या व त्या प्रत्यक्षात परावर्तित होतात असे दाखवून दिले. केनेली-हेवीसाइड थर सुमारे ७० मैल उंचीवर होता व त्याच्याही पलीकडे १५० मैल उंचीपर्यंत इतर थर असतात. रॉबर्ट अलेक्झांडर वॅट्सन-वॅट या स्कॉटिश शास्त्रज्ञाने असे सुचवले, की वातावरणातील ६० ते १५० मैल उंचीच्या ज्या थरात आयन्स प्रचंड प्रमाणात असतात, त्या थराला आयनोस्फियर असे नाव देण्यात यावे.

वरच्या वातावरणात एक प्रकारचा वायू आहे तो खालच्या वातावरणात दुर्मिळ आहे. या वायूचा इतिहास १८४० सालापर्यंत



आधुनिक फुगा

मागे जातो. फ्रेड्रिक शोइनबाइन नावाच्या जर्मन स्विस रसायनशास्त्रज्ञाच्या असे लक्षात आले, की विद्युत उपकरणांच्या भोवती एक विशिष्ट प्रकारचा वास येतो. तो ज्या वायूपासून येत होता तो वायू वेगळा करून त्याने त्याचा अभ्यास केला व त्याला ग्रीकमधील 'वास' या शब्दावरून 'ओझोन' असे नाव दिले.

कालांतराने ओझोन हा प्राणवायूचाच एक प्रकार असल्याचे समजून आले. याच्या रेणूत प्राणवायूच्या २ अणूऐवजी ३ अणू (O₃) असतात. ओझोनमध्ये प्राणवायूपेक्षा अधिक ऊर्जा असते व ऊर्जेचा भरपूर पुरवठा असल्यास - जसे की विजेच्या उपकरणांभोवती - प्राणवायूपासूनच तो तयार होतो. ही ऊर्जा काढून घेतली तर त्याचे विघटन होऊन प्राणवायू परत मिळतो.

१९१३ साली चार्ल्स फाब्री (१८६७-१९४५) या फ्रेंच शास्त्रज्ञाने असे दाखवून दिले, की वरच्या वातावरणात ओझोन असतो. सूर्यप्रकाशातील ऊर्जेमुळे प्राणवायूपासून याची निर्मिती होते. रेणूंचे विघटन जितके जलद होईल तितका अधिक ओझोन सूर्यप्रकाशात तयार होतो.

वातावरणातील सुमारे १५ मैल उंचीवरील प्रदेशात बराच ओझोन असतो, म्हणून त्याला ओझोनोस्फियर असेच नाव देण्यात आले आहे. ओझोनोस्फियर आपल्यासाठी फारच महत्त्वाचे आहे. सूर्यप्रकाशातील खूप ऊर्जा असणारे अतिनील किरण तो शोषून घेतो. हे किरण जर ओझोनचा थर पार करू शकले, तर त्यांना खालच्या वातावरणातील प्राणवायू व नत्रवायूचा थर पार करण्यात काहीच अडचण येणार नाही. हे किरण जर पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर आदळले तर मनुष्यप्राण्यासकट सर्व सजीव प्राण्यांसाठी ते बरेच विध्वंसक ठरतील. स्ट्रेटोस्फियरमधील ओझोनच्या थरामुळेच आपले संरक्षण होते.

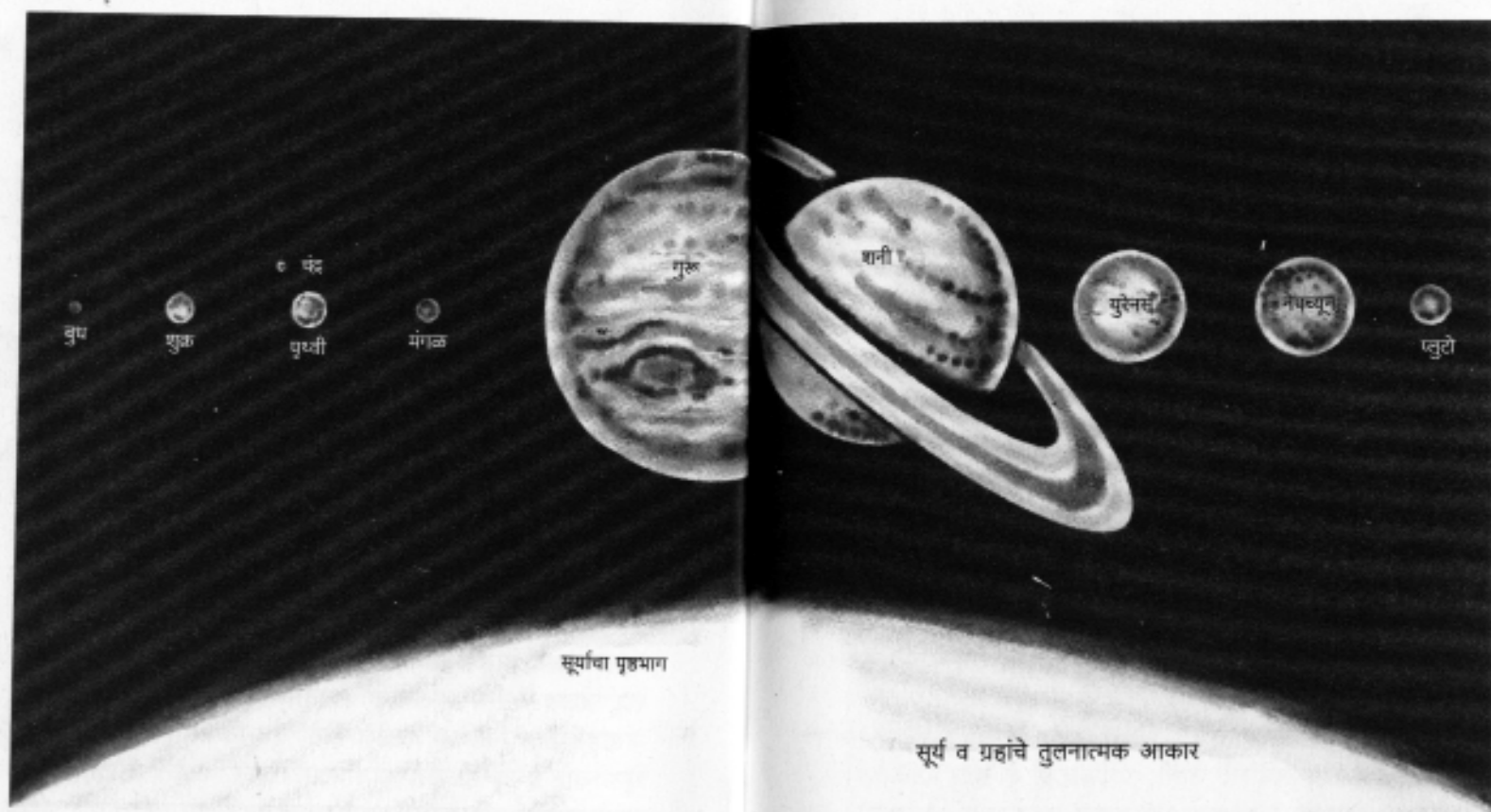
५ | इतर विश्वे

घन पदार्थातील अणू व रेणू एकत्र बांधलेले असतात; परंतु वायूंची परिस्थिती मात्र निराळी असते. वायूंमधील रेणू अजिबातच एकत्र नसतात, उलट ते एकमेकांपासून शक्य तितक्या दूरवर पसरलेले असतात. पृथ्वीच्या वातावरणातील वायू दूरवर पसरून वातावरणाबाहेर नाहीसेच झाले असते, पण पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणामुळेच ते जमिनीजवळ राहिले आहेत.

ग्रह जितका लहान असेल, तितके त्याचे गुरुत्वाकर्षण कमी असते. उदाहरणार्थ, चंद्राचे गुरुत्वाकर्षण पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील गुरुत्वाकर्षणाच्या तुलनेत केवळ १/६ इतकेच आहे. चंद्राचे गुरुत्वाकर्षण वातावरण टिकून राहण्यास पुरेसे नाही, म्हणून चंद्रावर हवा नाही. तसेच चंद्राहून लहान असणाऱ्या अंतराळातील कोणत्याच वस्तूवर हवा नाही.

एखादा ग्रह जितका गरम असेल, तितकेच तिथल्या वायूंचे रेणू जलद गतीने हालचाल करतात व गुरुत्वाकर्षणाने त्यांना जखडून ठेवणे अधिक कठीण होते. बुध किंवा मंगळाचे उदाहरण घेऊ या. हे दोन्ही ग्रह पृथ्वीपेक्षा लहान आहेत व दोघांच्याही पृष्ठभागावरील गुरुत्वाकर्षणाचा प्रभाव पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या २/५ इतका आहे. बुध सूर्याच्या सर्वात जवळचा ग्रह असल्याने अतिशय उष्ण आहे आणि त्या तापमानाला वातावरण टिकवून ठेवण्याइतकी शक्ती त्याच्या गुरुत्वाकर्षणात नाही. म्हणूनच तोही चंद्राप्रमाणेच हवाविरहित आहे.

मंगळ मात्र सूर्यापासून पृथ्वीपेक्षाही दूर आहे व अंटाक्टिकापेक्षाही थंड आहे. त्याच्या गुरुत्वाकर्षणाने त्याने आपल्याभोवती थोडेसे



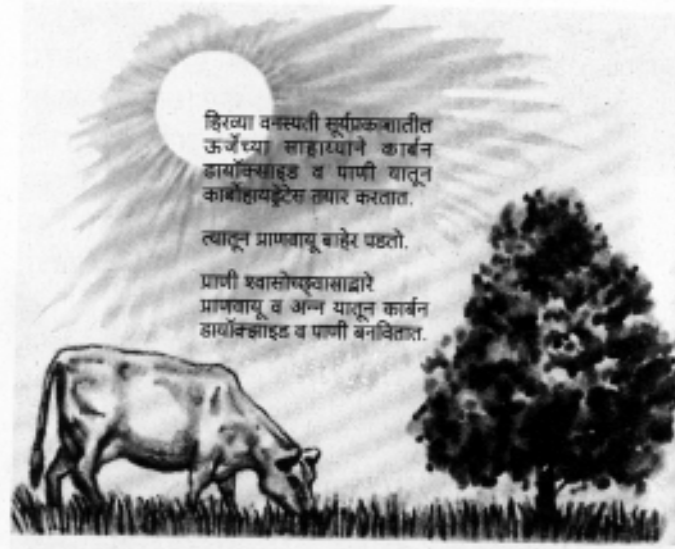
वातावरण टिकवले आहे, पण ते अत्यंत विरळ आहे; पृथ्वीच्या वातावरणाशी तुलना केली असता ते केवळ १/१०० घनतेचे भरेल.

एखाद्या ग्रहाभोवती वातावरण असेल, तर त्यात आपल्याकडचेच वायू असतील असे नाही. उदाहरणार्थ, कोणत्याही वातावरणात बराचसा प्राणवायू असावा ही गोष्ट तशी विरळाच

सूर्य व ग्रहांचे तुलनात्मक आकार

म्हणायला हवी. प्राणवायू हा क्रियाशील वायू आहे व त्याचा इतर पदार्थांशी सहज संयोग होतो. सामान्यतः तो जर एखाद्या ठिकाणी असलाच, तर त्याची संयुगे बनतील व तो वातावरणातून संघ गतीने नाहीसाच होईल.

हिरव्या वनस्पती व झाडे सूर्यप्रकाशातील ऊर्जा वापरून कर्बद्विप्राणील वायू व पाणी यांच्यापासून आपली वाढ करून



हिरव्या वनस्पती सूर्यप्रकाशातील ऊर्जेच्या साहाय्याने कार्बन डायऑक्साईड व पाणी यातून कार्बोहायड्रेट्स तयार करतात.

त्यातून प्राणवायू बाहेर पडतो.

प्राणी श्वासोच्छ्वासाद्वारे प्राणवायू व अन्न यातून कार्बन डायऑक्साईड व पाणी बनवितो.

प्राणवायूचे चक्र

घेतात, हे आपल्याकडे प्राणवायू असण्याचे खरे कारण आहे. या प्रक्रियेत ते प्राणवायू बाहेर सोडतात. प्राणी श्वासाद्वारे हवा घेतात, वनस्पतींमधील साखरेच्या व प्राणवायूच्या मिश्रणाने ते कर्बद्धिप्राणील वायू व पाणी तयार करतात.

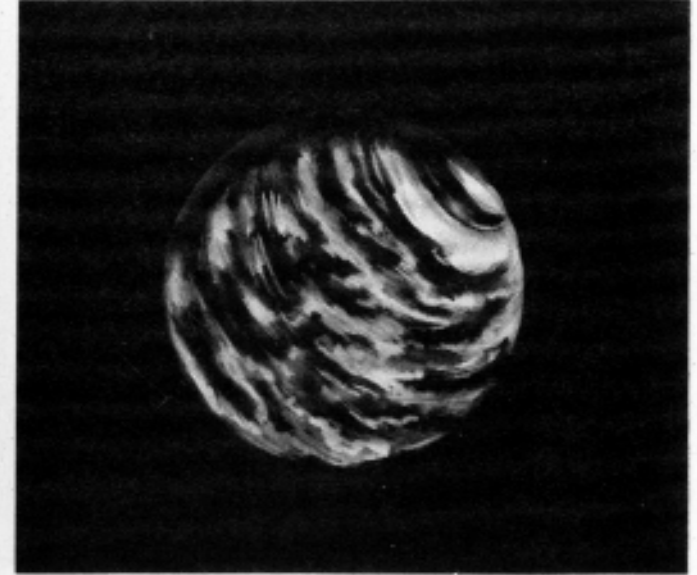
याने समतोल साधला जातो. प्राण्यांद्वारे व इतर प्रक्रियेत जितका प्राणवायू वापरला जातो तितक्याच जलद गतीने वनस्पती तो परत तयार करतात. याचा परिणाम म्हणजेच, वनस्पती तयार करत असलेला प्राणवायू पृथ्वीवर अजबावधी वर्षांपासून टिकून राहिला आहे.

वनस्पतींनी कर्बद्धिप्राणील वायूपासून प्राणवायू तयार करण्याची पद्धत विकसित करण्यापूर्वी बहुधा पृथ्वीच्या वातावरणातही प्राणवायू नसेल. त्याऐवजी केवळ कर्बद्धिप्राणील वायूच असणार. जर हिरव्या

वनस्पती अस्तित्वात आल्या नसत्या, तर पृथ्वीच्या वातावरणात आजदेखील केवळ कर्बद्धिप्राणील वायू व नत्रवायूच राहिले असते.

वास्तविक, १९७० च्या दशकात शोध घेण्यासाठी मंगळावर पाठवलेल्या अग्निबाणांद्वारे आपल्याला माहीत झाले आहे, की मंगळावरील विरळ वातावरणात कर्बद्धिप्राणील वायू व नत्रवायूच आहे. तेथे आपल्याप्रमाणे सजीवसृष्टी नाही हे समजून घेण्याचा हा एक मार्ग आहे. कदाचित अगदी साध्या (एकपेशीय) जीवांचा अपवाद असू शकेल.

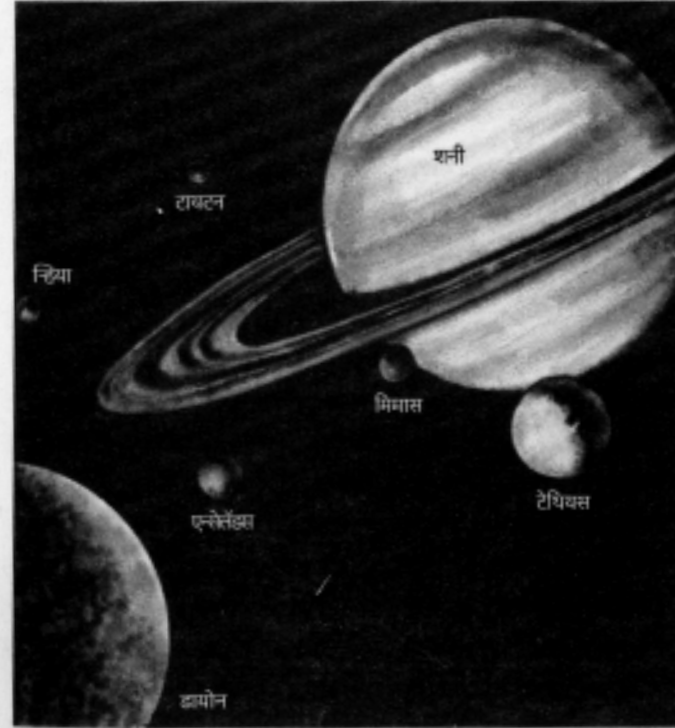
शुक्र हा ग्रह जवळजवळ पृथ्वीच्याच आकाराचा आहे व त्याचे गुरुत्वाकर्षणही तेवढेच आहे. त्याच्याभोवती कर्बद्धिप्राणील वायू व नत्रवायूचे दाट वातावरण आहे.



शुक्राभोवतीचे दाट ढग

शुक्र पृथ्वीपेक्षा सूर्याच्या अधिक जवळ आहे म्हणून अधिक गरम आहे. पृथ्वीवर बऱ्याच कर्बद्विप्राणील वायूंचा खनिजांशी संयोग होऊन कार्बोनेट्स बनली आहेत. शुक्रावर अधिक उष्णतेने अस्तित्वात असणाऱ्या कार्बोनेट्सचे विघटन होऊन वातावरणात कर्बद्विप्राणील वायू सोडला जातो.

कर्बद्विप्राणील वायू उष्णता शोषून घेतो, म्हणून वातावरणात कर्बद्विप्राणील वायू जितका अधिक असेल तितका शुक्र अधिक



शनीचे उपग्रह

गरम होतो. तो जितका अधिक गरम होईल, तितके अधिक कार्बोनेट्सचे विघटन होते. म्हणूनच शुक्रावरील वातावरण पृथ्वीच्या तुलनेत १०० पटींनी अधिक दाट आहे व त्यात भरपूर कर्बद्विप्राणील वायू आहे. अशा वातावरणात इतकी उष्णता टिकून राहते, की त्यामुळेच शुक्र हा आपल्या सूर्यमालेतील सर्वाधिक गरम ग्रह आहे. बुध जरी सूर्याच्या अधिक जवळ असला, तरी शुक्र बुधाहूनही गरम आहे, कारण उष्णता राखून ठेवण्यासाठी बुधावर वातावरण नाही.

एखादा अणू अथवा रेणू जितका लहान असेल, तितका तो विशिष्ट तापमानात जलद हालचाल करतो व गुरुत्वाकर्षणाने त्याला जखडून ठेवणे अधिकच कठीण होते. हायड्रोजन व हेलियमचे अणू सर्वात लहान असतात.

पृथ्वी व इतर ग्रह सर्वप्रथम निर्माण झाले ते पूर्णतः हायड्रोजन व हेलियमपासूनच. पृथ्वी व तिच्या जवळचे ग्रह निर्माण होताना सूर्याच्या खूपच जवळ होते, म्हणून ते अतिशय गरम असल्याने सर्व हायड्रोजन व हेलियम टिकवून ठेवू शकले नाहीत. लहान प्रमाणात अस्तित्वात असणाऱ्या वजनाने जड अशा इतर अणूंपासून त्यांची निर्मिती झाली. त्यामुळेच पृथ्वी, मंगळ, शुक्र, बुध व चंद्र हे आकाराने लहान आहेत.

सूर्यापासून अधिक दूरवर गेल्यावर थंड तापमानात बनलेले ग्रह हायड्रोजन व हेलियम टिकवून ठेवू शकले. त्यामुळे ते आकाराने मोठे बनले आणि त्यांचे गुरुत्वाकर्षणही अधिक झाले. याचा परिणाम म्हणून ते हायड्रोजन व हेलियम अधिक चांगल्या प्रकारे जखडून ठेवू शकले. याच कारणाने गुरू, शनी, युरेनस व नेपच्यून हे प्रचंड आकाराचे ग्रह तयार झाले. या प्रचंड ग्रहांमोवतीचे वातावरण खूप खोल व दाट असून ते प्रामुख्याने हायड्रोजन व हेलियमचे बनले आहे.

या 'ग्रॅंड ग्रॅन्ड'चे उपग्रह आकाराने फारच लहान आहेत, त्यामुळे सूर्यापासून दूरवरच्या भयंकर गोठवणाऱ्या थंडीत वातावरण टिकवून ठेवणे त्यांना शक्य नाही. शनीचा सर्वात मोठा उपग्रह टायटन हा एकच अपवाद आहे. वातावरण टिकवून ठेवण्याइतका त्याचा आकार मोठा असून त्याचे तापमानही पुरेसे थंड आहे.

जिरार्ड पीटर कॉयपर (१९०५-१९७३) या डच अमेरिकन खगोलशास्त्रज्ञाने १९४८ साली टायटनच्या वातावरणाचा प्रथम शोध लावला. स्पेक्ट्रोस्कोपच्या साहाय्याने त्याने टायटनच्या प्रकाशाचा अभ्यास केला तेव्हा त्यात मिथेन दिसून आला. १९८३ साली एक शोध घेणारा अग्निबाण शनीच्या जवळून गेला. टायटनच्या वातावरणात मुख्यतः नत्रवायू असल्याचे त्याला आढळले. नत्रवायू स्पेक्ट्रोस्कोपमधून सहसा ओळखता येत नाही.

आतापर्यंत आपल्याला मिळालेल्या माहितीवरून, आपल्या सूर्यमालेत एकूण सात ग्रहांवर व एका उपग्रहावर वातावरण आहे.

गुरू, शनी, युरेनस व नेपच्यून या चार ग्रहांचे वातावरण मुख्यतः हायड्रोजन व हेलियमचे आहे.

शुक्र व मंगळाचे वातावरण विशेष करून कर्बोद्विप्राणीत वायू व नत्रवायूंचे बनले आहे.

टायटन या एका उपग्रहाच्या वातावरणात प्रामुख्याने नत्रवायू व मिथेन आहे.

पृथ्वी या एकाच ग्रहावरील वातावरणात नत्रवायू व प्राणवायू आहेत.

आपल्याला माहीत असणाऱ्या ग्रहांपैकी फक्त पृथ्वीच्याच वातावरणात प्राणवायू आहे. त्यामुळे मनुष्यप्राणी सहजपणे जगू शकतील असे हे एकच ठिकाण आहे.



एडवर्ड हिल्सचे १८३० मधील
"शांततापूर्ण राज्याचे" चित्र